

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES**



Trabajo Final de Carrera

“Incidencia de variables operativas sobre la eficiencia de aplicación y los riegos de deriva”

Alumno: Ramirez Luis Federico

Legajo: 26166/3

Director: Telmo Palancar

Co-director: Víctor Merani

Fecha de presentación: 30/11/2018

Año 2018

ÍNDICE

Resumen.....	Pag. 3
Introducción y Antecedentes.....	Pag. 4
Hipótesis.....	Pag.12
Objetivos.....	Pag. 12
Materiales y Métodos.....	Pag. 13
Resultados y	
Discusiones.....	Pag. 20
Conclusiones.....	Pag. 41
Bibliografía.....	Pag. 42

Resumen

La pulverización es la forma más difundida de aplicación de fitoterápicos, pero su uso es complejo, no solo desde el punto de vista agronómico, sino también por sus implicancias en la preservación del medio ambiente, los riesgos de contaminación y para la salud humana. Se efectuó un ensayo para evaluar tres técnicas de aplicación, consistente en combinar distintas velocidades de trabajo, distancias entre pastillas y tasa de aplicación. Los tratamientos fueron T1 (18 km/h, 57 l/ha, 0,35 m), T2 (18km/h, 28,5 l/ha y 0,70 m), el T3 (9 km/h, Vol. 57 l/ha y 0,70 m). La determinación de eficiencia de aplicación, deriva de sedimentación y exoderiva de los distintos tratamientos se efectuaron por medio de tarjetas hidrosensibles. Conforme a lo analizado en el ensayo, respecto a la exoderiva se puede afirmar que el tamaño de las gotas que se derivan por el viento es independiente de las condiciones operativas utilizadas, la situación más comprometida para el riesgo de deriva sería T2 donde se conjugan las dos condiciones de mayor distanciamiento y velocidad, no obstante para el parámetro de eficiencia de aplicación no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos. Finalmente se observa que el comportamiento de la endoderiva para todos los tratamientos fue similar.

Palabras clave: DVM, espectro de pulverización, distancia entre pastillas, velocidad de pulverización.

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

Dentro del sistema de producción agropecuaria, la creciente demanda por alimentos de calidad obliga a proteger los cultivos del daño ocasionado por malezas, plagas y enfermedades. Si bien dentro de este sistema coexisten diferentes prácticas para mantener las adversidades bióticas por debajo del umbral económico, la de mayor empleo hasta el momento se basa en el control químico. Dicha afirmación se encuentra reflejada por el constate incremento del mercado mundial de agroquímicos. De los 40 billones de dólares en el año 2007, se elevó a 46,7 billones de dólares en el 2009 con una proyección para el año 2014 cercana a los ochenta billones (BCC Research, 2010).

Durante los últimos años, los agroquímicos han representado el gran sostén del crecimiento de la producción agropecuaria argentina, adquiriendo un rol imprescindible en el paquete tecnológico de la producción agrícola moderna. Si bien el paquete tecnológico se basa en el uso de agroquímicos, hay una creciente necesidad de producir sin el uso de los mismos, que ha llevado al desarrollo de técnicas que prescinden del uso de los mismos, al menos de forma tan intensiva. Se estima que, en las zonas tradicionalmente agrícolas, el crecimiento en los rendimientos alcanzó una tasa superior al 5 % anual con la incorporación de genética, mejores técnicas y estos productos (Conde Prat & De Simone, 2004). CASAFE (2014) informa que en los últimos 15 años el consumo de fitosanitarios en la República Argentina pasó de 924,7 millones de dólares a 2381,2 millones en el año 2012, siendo los menores registros del período los del año 2002 con 600,1 millones de dólares. No obstante, las estadísticas muestran para los últimos 22 años un incremento del 858 % en la aplicación de agroquímicos y un 50 % de incremento de la superficie agrícola. Dentro de los fitosanitarios, los mayores porcentajes le corresponden a los herbicidas, con un 41 %, seguido por los insecticidas con un 27 % y los fungicidas con un 19% del total facturado.

Eleiseigui (2014), a partir de estudios llevados a cabo por el Centro de Estudios Legales del Medio Ambiente (CELMA), indica que el glifosato, dentro de los herbicidas, representa un 65 % del total del rubro, pese a la disminución de su eficiencia de control ante el avance notorio de malezas tolerantes y resistentes.

La pulverización es la forma más difundida de aplicación de fitoterápicos, pero su uso es complejo, no solo desde el punto de vista agronómico, sino también por sus implicancias en la preservación del medio ambiente, los riesgos de contaminación y para

la salud humana (Onorato & Tesouro, 2004). Todo esto conlleva a trabajar con un enfoque sistémico del proceso de aplicación de plaguicidas, lo que posibilita una adecuada preparación de los pulverizadores para realizar una tarea exitosa (Massaro, 2004).

La pulverización hidráulica se produce sometiendo un líquido a presión, para hacerlo atravesar un orificio, o boquilla, que lo pone en contacto con la atmósfera. Se produce una pulverización con gotas cuyo tamaño depende de la presión utilizada y del diámetro de salida del orificio. Cambiando el diámetro, la forma de este orificio y la presión, se pueden conseguir gotas de diferentes dimensiones y dar salida al líquido con caudales variables en un amplio rango (Márquez Delgado, 2007). La cantidad y el tamaño de gotas obtenidas en este proceso es conocido como espectro de distribución (Magdalena *et al.*, 2000). Éste resulta ideal cuando permite controlar la plaga en cuestión con la mínima cantidad de producto, preservando la seguridad de las personas y el ambiente (Smith *et al.*, 2000). La mayoría de los pulverizadores agrícolas actuales utilizan boquillas hidráulicas para dosificar y atomizar el líquido en gotas. Las mismas producen un amplio espectro de tamaño de gotas que van desde los 10 μm a los 1000 μm (Bouse *et al.*, 1990). No obstante ello, siempre es deseable que la división del líquido se realice produciendo gotas de tamaño uniforme. En este sentido, las gotas de mayor diámetro no logran la misma uniformidad que aquellas de diámetros pequeños afectando su eficiencia de control (Smith *et al.*, 2000). Sin embargo, las gotas grandes tienen la ventaja de descender rápidamente y estar menos expuestas a la deriva por viento y por evaporación. Su principal desventaja es la reducción de deposición y adherencia sobre la superficie vegetal, pudiendo rebotar contra las hojas y caer al suelo en forma directa, o deslizarse y juntarse con otras gotas. A igualdad de volumen, es menor el número de impactos que se puede lograr con gotas grandes (Etiennot, 1993). Por lo contrario, las gotas pequeñas mejoran la retención por parte de las hojas y la cobertura, ofreciendo también una mejor penetración en el cultivo, y la posibilidad de alcanzar la cara inferior de las hojas, tallos, etc. No obstante esto, por su menor peso son más propensas a no alcanzar el objetivo, a ser transportadas por el viento y por su elevada superficie expuesta en relación al volumen, a sufrir una intensa evaporación antes de depositarse. Normalmente, al aumentar el tamaño de las gotas asperjadas para reducir la deriva, se produce consecuentemente, una reducción del número de gotas depositadas por unidad de superficie (gotas/cm²). Si este número de impactos, fuese demasiado bajo, será entonces

necesario aumentar el volumen de aplicación (litros/hectárea) para aumentar en la misma proporción el número de gotas/cm² (Pompe et al., 1992).

Por lo dicho anteriormente, todas aquellas gotas que no lleguen hasta el blanco, o que aun habiéndolo alcanzado no permanezcan retenidas sobre él, constituyen una pérdida de producto que reduce la eficiencia de la aplicación. Este proceso se conoce genéricamente como deriva (Onorato & Tesouro, 2006). En este sentido, debemos considerar la fracción del fitoterápico que es transportada fuera del lote objeto del tratamiento, también llamada exoderiva (Nuyttens *et al.*, 2007) y lo que cae dentro del lote, pero no sobre el objetivo, endoderiva (Himel, 1974; Villalba & Hetz, 2010). La exoderiva es un problema complejo, por la gran cantidad de factores que lo favorecen o promueven y por la dificultad de cuantificar con precisión su magnitud y sus efectos ambientales. A pesar de esto, se han realizado muchas investigaciones dirigidas a comprenderla y también a tratar de controlarla o disminuirla. En todas ellas se reconoce a la velocidad del viento y el tamaño de gota de la pulverización como factores clave que influyen sobre la misma (Lucero, 1998). Según ese mismo autor, la evaluación de la deriva en ensayos realizados con pastillas hidráulicas e hidroneumáticas y un marcador fluorescente, no dio diferencias significativas en los valores obtenidos en las distintas alturas y distancias probadas, y los datos tuvieron una alta variabilidad (Lucero, 1998). Phillips y Miller (1999) trabajando con túneles de viento y ensayos a campo concluyen que el volumen derivado aumenta linealmente con la velocidad del viento, a su vez las mediciones de deriva muestran una disminución aproximadamente exponencial con la altura. Los resultados de este estudio indican que los experimentos en túnel de viento pueden reproducir adecuadamente las mediciones de campo del volumen de deriva producido por una única pastilla estática de abanico plano, especialmente para velocidades de viento de aproximadamente 2 m/s (típicamente recomendadas para aplicaciones de productos químicos agrícolas). Los experimentos sugieren que la dispersión inicial de las gotas es controlada por el campo de aire arrastrado dentro de la pulverización, mientras que la deposición de gotas es controlada por la estructura de flujo en la vecindad de la copa de la planta. A su vez Massaro (2016) evaluó la exoderiva en pulverizaciones terrestres a diferentes distancias del equipo, utilizando gotas medianas, la deriva se detectó solo a 10 metros en contra de la dirección general del viento y no llegó a 25 metros a favor del mismo. A su vez, trabajando con dos volúmenes de aplicación Mur et al. (2016) indican que los resultados de las determinaciones de número de impactos producto de la deriva acumulada luego de efectuadas las 4 pasadas, a diferentes alturas,

no se encontraron diferencias significativas entre técnicas de aplicación a ninguna de las 3 alturas de muestreo.

Leiva (1995) agrupa a los factores que inciden sobre la deriva en aquellos que corresponden a las características de la aspersión, al equipo, técnicas de aplicación y a las condiciones atmosféricas. Arvidsson *et al.* (2011), coinciden en parte con este agrupamiento pero incorporan también la habilidad y atención del operador y las características del ambiente (rugosidad del terreno, volumen del rastrojo), además de las condiciones meteorológicas. Dentro de la técnica de aplicación, se podría mencionar a la velocidad de avance, para varios autores esta es considerada como responsable por el mayor movimiento lateral y vertical del botallón, coincidentemente con Ooms *et al.* (2003). También Sarubbi (2010) e Inostroza *et al.* (2011) indican que la velocidad de avance influye en la calidad de aplicación

Las características de la aspersión afectan la deriva a través del tamaño de gotas. El factor de aplicación más importante que influye en la deriva es el tamaño de las gotas rociadas. Trabajando con agua como dispersante, gotas menores de 150 μm están muy expuestas a la evaporación y deriva, y aquellas mayores de 350 μm no proveen una adecuada cobertura y caen generalmente al suelo arrastrando con ella al agroquímico. Se considera que un adecuado balance se obtiene utilizando gotas entre 200-250 μm de diámetro (Leiva, 1995). En concordancia Sarubbi (2010) indica que las pulverizaciones de gotas finas se evaporan más rápidamente que las de gotas gruesas, ya que tienen expuesta una mayor superficie (Tabla 1). En dichas gotas la evaporación puede reducir significativamente el diámetro medio volumetrico DVM reduciendo la velocidad de sedimentación.

Tabla 1: Superficie del asperjado en función al DVM de las gotas. Fuente Wanner citado por Sarubbi (2010)

Diámetro de gotas μm	Superficie del asperjado (m^2/L)
100	60
200	30

A igualdad de humedad relativa ambiente y temperatura (50 % de HR y 30°C), una gota de 200 μm demora 42" en reducirse a la mitad, mientras que una de 100 μm tarda

sólo 14" en evaporarse completamente (Walla, 1980). Asimismo, la combinación de gotas pequeñas, viento, baja humedad relativa y temperatura ambiente elevada, pueden provocar graves pérdidas de producto. A mayor humedad ambiente se reducen los efectos por evaporación provocados por las altas temperaturas. Como límite de seguridad pueden establecerse 25°C de temperatura máxima y humedad relativa no inferior al 60% (Walla, 1980; Etiennot, 1990). Los mayores recaudos y recomendaciones en cuanto a condiciones meteorológicas se centran en la velocidad del viento. En relación a los efectos negativos de los procesos de exoderiva por viento, Etiennot (1990), menciona la existencia de reglamentaciones que prohíben la aplicación de plaguicidas con vientos superiores a los 15 km/h, condición que debe respetarse cuando en el sentido del viento se encuentren cultivos sensibles a herbicidas. Costa *et al.* (1979) también indican como límite una velocidad de viento de 15 km/h en general, sin considerar cuestiones agronómicas específicas.

Una vez aclarada la importancia del espectro de la población de gotas y su tamaño y su incidencia en la deriva, otro aspecto importante a tener en cuenta es la eficiencia de aplicación, entendiéndose a la misma como la cantidad de gotas depositadas en el objeto de tratamiento por unidad de superficie en relación al total de gotas pulverizadas. Si se considera la cantidad de producto que realmente alcanzó al objetivo a controlar en relación al total pulverizado, el proceso de aplicación generalmente es poco eficiente (Courshee, 1960; Graham-Bryce, 1977). Habitualmente, la evaluación de la eficiencia de los fitosanitarios se realiza exclusivamente por su dosis de principio activo y momento de aplicación, asumiendo que dicha dosis alcanza en su totalidad "el blanco", cuando en realidad sólo una parte de la misma lo hace. Los procesos involucrados para que una pulverización alcance la plaga a tratar o blanco de aspersión son: a) el proceso de formación de gotas, b) la deriva de gotas hacia otros sitios, c) la capacidad de esas gotas para depositarse sobre el blanco alcanzado y d) la cobertura, medida como número de impactos por centímetro cuadrado y la dosis de principio activo que se deposita sobre el blanco en cuestión (Etiennot, 1990). La aplicación se considera eficiente cuando se logra que una cantidad de principio activo se deposite sobre el blanco con una cobertura (impactos/cm²) y uniformidad (CV%) acorde al tipo de producto empleado. Como norma general, se recomiendan realizar aplicaciones por pulverización que permitan obtener una cantidad y un tamaño de las gotas como el indicado en la Tabla 2.

Tabla 2 : impactos recomendados por Manual BPA (Márquez Delgado, 2008).

Tipo de producto	Impactos	Tamaño de gota
Herbicidas	[gotas/cm ²]	DVM [µm]
Preemergencia	20-30	400-600
Postemergencia (contacto)	30-40	200-400
Insecticidas	20-30	200-350
Fungicidas	50-70	150-250

En relación al número de impactos/cm² que se consideran eficientes para el control de diversas plagas y enfermedades, el mismo resulta variable en función de las características del producto (si es sistémico, de contacto o translaminar) y del lugar dónde se ubican las tarjetas hidrosensibles en el cultivo. Es frecuentemente citado que 60 impactos.cm⁻² son necesarios cuando se realizan tratamientos fúngicos, mientras que 40 impactos.cm⁻² resultan suficientes para tratamientos con insecticidas (Balardin *et al.*, 2001; McCracken, 2004; Bonini, 2004; Gandolfo *et al.*, 2004). Hypro (2006) establece similares requerimientos de impactos, indicando un rango de 20 a 30 gotas.cm⁻² en aplicaciones de insecticidas y 50 a 70 gotas.cm⁻² para el caso de fungicidas de contacto.

Para la evaluación de la eficiencia de un tratamiento fitosanitario se utilizan diferentes metodologías, entre las mismas, el uso de tarjetas hidrosensibles es un recurso que por su disponibilidad y costos, resulta cómodo y adecuado (Miguens, 1981). Domper (2015) concluye que la metodología de tarjetas hidrosensibles y procesamiento de imágenes sobreestima la eficiencia de aplicación, sobre todo para las pastillas con inducción de aire.

Cavallo (2006) menciona que aproximadamente un 25 % de la pulverización de plaguicidas da en el blanco; el resto afecta directamente a otros organismos hacia los cuales la aplicación no fue dirigida. Según estudios publicados en Brasil cerca del 32 % del líquido aplicado es retenido por las plantas blanco, mientras que el 49 % cae al suelo y el 19 % va por el aire a otras áreas vecinas. De esta manera, las aspersiones afectan cultivos próximos y zonas habitadas (Scramin *et al.*, 2002). Martens (2012), indica valores de eficiencia entre 25 % y 60 %, correspondiendo los menores valores a las aplicaciones

sobre explotaciones arbóreas y las mayores a aquellas efectuadas en condiciones de barbecho y suelo desnudo. Aquella parte del producto que no llega al objetivo es liberada al ambiente, no cumpliendo su función, estableciendo pérdidas económicas y riesgos de contaminación ambiental y peligros para la salud. Chaim *et al.* (1999a) trabajando sobre cultivo de tomate, encontraron que la deposición varía de acuerdo con el tamaño de las plantas entre 29 % y 66 %, con pérdidas en el suelo entre 9 % y 37 % y pérdidas por deriva/evaporación entre 16 % y 49 %. Asimismo, la deposición de plaguicidas en las plantas no es uniforme (Chaim *et al.*, 1999a; 1999b; 2003; Scramin *et al.*, 2002), debiéndose a varios factores, dentro de los cuales se mencionan a las características de las boquillas y el tipo de calibración como los principales (Chaim *et al.*, 2003; Scramin *et al.*, 2002).

Si bien existen varias alternativas para minimizar pérdidas de eficiencia, la aplicación con volúmenes de agua reducidos pareciera ser una alternativa viable en determinadas condiciones de trabajo. Dicho fenómeno pareciera estar asociado a dos factores; el primero se basa en reducir la cantidad de vehículo para que sus características físico químicas interactúen en menor grado con el producto y el segundo, a una mayor autonomía del equipo pulverizador que apunta a mejorar la rentabilidad de la actividad (Moltoni *et al.*, 2008). En este sentido Leiva & Picapietra (2012), coinciden en que al bajar el volumen de pulverización, la incidencia del Glifosato es mayor, ya que con menos agua se reduce la inactivación del Glifosato. Citan la experiencia práctica de muchos contratistas y productores que a lo largo de más de 10 años, han obtenido resultados muy buenos con volúmenes de aplicación de 40-50 l/ha. Otros fundamentos de esta técnica se basan en la mejora en la penetración en el canopeo por disminución del tamaño de gota, un aumento de la concentración del principio activo, la disminución en el uso de agua y la reducción de costos por un aumento en la capacidad de trabajo.

Frola (2013) menciona que, para cualquier aplicación, la elección del tamaño de la gota está determinada por la cobertura y la dificultad de llegar al objetivo. Para un barbecho sobre rastrojo de sorgo, la maleza está cubierta por el mismo y el tamaño de la gota debería rondar los 200 μm . Si el rastrojo es de soja, la dificultad de impactar la maleza es menor y trabajando a 3 bares de presión y con gotas de 250 μm se cumplirían los objetivos. Asimismo, para que la técnica de aplicación sea válida deben mantenerse premisas como, el respeto del tamaño de gota y el número de impactos, y el monitoreo de las condiciones ambientales. La cantidad de impactos por cm^2 (cobertura) va a depender de la concentración de principio activo que lleve cada gota. No es lo mismo una aplicación

con 80 l de agua que una con 25 l (considerando un tamaño determinado de gota uniforme en ambas) donde cada impacto de la aplicación de bajo volumen tendrá 3 veces más de concentración de principio activo. Obteniendo 30-40 impactos/cm² en la tarjeta a cielo descubierto, se debería lograr una buena aplicación.

Con respecto a esto, Ghirardi (2012) indica que además del volumen de líquido utilizado, lo importante sería obtener un tamaño de gotas adecuado para cada tratamiento y uniformidad en las mismas, sin dejar de lado el número de impactos y su ubicación en el objetivo.

Existen por lo tanto permanentemente nuevas condiciones que deben evaluarse, ya que a las variables enunciadas se suman diferentes interacciones con las pastillas de pulverización, las condiciones atmosféricas presentes al momento de operación y las particularidades de los diferentes equipos de aplicación, en conjunto con las variables operativas, que los operarios agrícolas deciden ante cada situación. Entre ellas se destacan la velocidad de trabajo, la altura de aplicación, la presión de trabajo del sistema y la distancia entre pastillas.

Habitualmente, la tasa de aplicación, expresada en l/ha queda determinada por el caudal de la pastilla seleccionada, la velocidad de trabajo y la distancia entre pastillas. Para una pastilla dada, la tasa de aplicación también variará con la presión de trabajo seleccionada, la cual incide en el número y el tamaño de las gotas. Los operarios tienden a mantener una tasa de aplicación y modificar los demás parámetros de pulverización tratando de optimizar la eficiencia del equipo en cuanto a su capacidad de trabajo. Por lo tanto, si se aumenta la velocidad y se desea mantener la misma tasa de aplicación se deberá aumentar el caudal de la pastilla o disminuir la distancia entre pastillas. El aumento de la velocidad podrá resolverse dentro de ciertos límites con un aumento de la presión de trabajo, lo cual implica una modificación del tamaño de gota producido. Estas dos últimas variables inciden fuertemente sobre el potencial de deriva. En un contexto en el que contratistas y productores buscan maximizar la capacidad operativa de sus equipos, reducir el volumen de aplicación parece ser la opción más buscada, pero sin tener indicios de su impacto en el potencial de deriva.

Si bien se conocen los efectos generales de las variables operativas sobre la eficiencia y el potencial de deriva, no hay mayores evaluaciones a campo de las mismas actuando de manera concomitante. A modo de ejemplo, el aumento de la velocidad de trabajo conlleva una modificación del viento aparente y como consecuencia mayores riesgos de deriva. No obstante, para mantener la tasa de aplicación puede seleccionarse

una pastilla de mayor caudal, la cual genera una población de gotas de mayor tamaño, por lo que se disminuyen los riesgos de deriva, no resultando claro en distintas condiciones atmosféricas cual es el resultado final de la aplicación, tanto en su eficiencia como en las gotas exoderivadas.

Por todo esto, se plantea la realización de ensayos que permitan valorar adecuadamente la calidad y eficiencia de aplicación que surgen como resultado de la interacción de la velocidad de desplazamiento y de la tasa de aplicación, dos de las principales variables operativas de mayor difusión en el control de malezas en nuestro país a nivel de cultivos extensivos.

HIPÓTESIS

Hipótesis básica

La variación de variables operativas como la tasa de aplicación y la velocidad de avance, inciden en el potencial de deriva y en la eficiencia.

Hipótesis de trabajo

Las mayores tasas de aplicación aumentan la llegada de producto al objetivo, reduciendo los riesgos de exoderiva y aumentando la deriva de sedimentación (endoderiva).

El incremento de la velocidad de avance y de la distancia entre pastillas aumenta el potencial de exoderiva.

El tamaño de las gotas que se derivan por el viento es independiente de las condiciones operativas utilizadas.

OBJETIVOS

Objetivo general:

Evaluar la eficiencia, la exoderiva y la deriva de sedimentación de distintos tratamientos de diferente volumen de aplicación, con amplia difusión en el medio productivo.

Objetivos específicos

Evaluar la incidencia de la velocidad de desplazamiento y la tasa de aplicación de máquinas pulverizadoras de botallón sobre la eficiencia de aplicación y el riesgo de deriva de sedimentación y de exoderiva en condiciones reales de producción.

Establecer los riesgos de deriva de tratamientos con diferente tasa de aplicación en condiciones reales de producción.

Evaluar la uniformidad de la población de gotas que alcanza el objetivo de aplicación dependiendo de la velocidad de desplazamiento y la tasa de aplicación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos se realizaron en la Estación Experimental Julio Hirschhorn de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la UNLP (EEJH).

Se llevaron a cabo en condiciones de operación controlada y se hicieron mediciones sobre las variables eficiencia de aplicación, deriva de sedimentación y exoderiva.

Para la aplicación se utilizó un tractor John Deere 6300, con 100 CV en el motor, toma de potencia independiente, 540/1000 rpm de accionamiento mecánico, 7500 kg de peso total, rodado delantero 14.9R-24 y trasero 18.4R-38 y tracción asistida; y una pulverizadora de tres puntos marca "Hatsuta" que está compuesta por un tanque de 400 l.0 y un botallón de 9,1 m de longitud, con 26 picos distanciados a 0,35 m.

Para la calibración de la pulverizadora se partió de los 4 parámetros que componen la ecuación de pulverización, tasa de aplicación (Q, l/ha) que se quiere aplicar, velocidad de trabajo (V, km/h), distanciamiento entre picos (a, m) y caudal por pastilla (q, l/min), a una determinada presión de trabajo (bar), ya que el caudal por pico está en directa relación con ésta.

$$Q\left(\frac{l}{ha}\right) = \frac{q\left(\frac{l}{min}\right) \times 600}{a(m) \times V\left(\frac{km}{h}\right)}$$

Donde:

Q = tasa de aplicación (l/ha)

q = caudal por pastilla (l/min)

a = distancia entre pastillas (m)

V = velocidad de avance (km/h)

600 = constante de conversión de unidades

En forma previa a cada aplicación se realizaron controles de caudal por pastilla que permiten para cada técnica alcanzar el volumen de aplicación correspondiente. Se verificó el estado de las pastillas y se cambiaron las que difirieron en más del 10 % del caudal erogado por una nueva a la presión de trabajo normalizada (3 bares). Ante la reducción del caudal de la pastilla en más de un 10 % se procedió a la limpieza de las mismas. Las mediciones se efectuaron a través de jarras medidoras de 1,0 litro de capacidad y se verificó el caudal utilizando un medidor instantáneo de caudal marca SpotOnSprayerCalibrator, modelo SC-1 con capacidad de medición de 0 a 3,8 l/ min. La presión de trabajo del sistema se evaluó en cada pastilla de pulverización por medio de un manómetro de precisión.

La tasa de aplicación se ajustó para erogar el volumen deseado por medio de la variación del distanciamiento entre picos y de la velocidad de avance. Para determinar la velocidad en las mismas condiciones se midió el tiempo (s) que tardó el tractor en recorrer una distancia (m) previamente jalonada.

Variables experimentales.

Se definieron tres tratamientos en los cuales las variables experimentales fueron la tasa de aplicación, el distanciamiento entre picos y la velocidad de trabajo. Las demás variables utilizadas, altura de botallón, presión de trabajo y pastilla se mantuvieron fijas para dichos tratamientos.

Las pastillas de abanico plano utilizadas fueron las denominadas AI Hypro 110015. Constan de un solo cuerpo que asperja el líquido en un plano único y de ángulo variable que produce gotas grandes llenas de aire mediante el uso de un aspirador Venturi. La denominación de estas pastillas, 110015, identifica el ángulo de aspersión (110°) y el caudal erogado expresado en galones americanos por minuto, 0,15 gal/min (0,6 l/min) a 3 bar (Spraying Systems, 1994). Normalmente el tamaño de las gotas está en el orden de 800 micrones. Al respecto, Butler et al. (2002) evaluaron la densidad de las gotas por medio de

un láser y relacionaron la distribución de tamaños de las mismas con la velocidad. El cambio de velocidad de las gotitas en la estela de pulverización se utilizó para inferir la densidad de las gotas a partir de las ecuaciones de movimiento. La cantidad de burbujas de aire en el interior se estimó a partir de las velocidades de las gotas. Establecieron, para gotas de más de 100 μm de diámetro que la densidad permanecía relativamente constante en el rango de 700 a 800 kg.m^{-3} , independientemente de las características principales de diseño de las pastillas.

Se establecieron dos tasas de aplicación que se denominaron de alto y bajo volumen, correspondiéndose las mismas con volúmenes de 57 l/ha y 28 l/ha respectivamente.

En cuanto a las condiciones operativas establecidas, se utilizó una presión de 3 bares, la altura de pulverización fue de 0,75 m, los picos se colocaron a una distancia de 0,35 m ó de 0,70 m y la velocidad de desplazamiento fue de 18 km/h ó 9 km/h.

El tratamiento número 1 se realizó a una velocidad de 18 km/h con un distanciamiento de 0,35 m y 57 l/ha, el número 2 a 18 km/h, 0,70 m y 28,5 l/ha y el tercero a 9 km/h, 0,70 m y 57 l/ha respectivamente. No se realizó un cuarto tratamiento que utilice la velocidad de 9 km/h a 28,5 l porque al utilizar dichos parámetros, el distanciamiento de trabajo sería en tal caso de 1,4 m no resultando operativo.

Se eligió la pastilla de abanico plano porque es la más difundida en el ámbito de pulverizaciones terrestres, donde los herbicidas son los productos más utilizados y dentro de ellos el glifosato. Los abanicos utilizados presentan además inducción de aire, funcionan por succión de aire a través de un orificio o ranura calibrada. El aire, al ingresar al torrente de agua, hace que las gotas antes de ser pulverizadas se carguen con burbujas, aumentando su tamaño y de ese modo al tomar contacto con el blanco, estallan, produciendo un número mayor de gotas (Cid & Masiá, 2011). Además Leiva (2011) recomienda estas pastillas por su uniformidad de aplicación, el tamaño de gota producido. El diseño aire inducido (AI) permite que las gotas llenas de aire se fragmenten por el impacto y por lo tanto mejoran la cobertura del asperjado y la retención de las gotas más grandes.

Tabla 3: Tratamientos empleados en el ensayo

Sigla de referencia	Tasa de aplicación (l/ha)	Velocidad de trabajo (km/h)	Distanciamiento entre pastillas (m)	Altura de trabajo (m)	Presión (bar)
T1	57	18	0,35	0,75	3
T2	28,5	18	0,7	0,75	3
T3	57	9	0,7	0,75	3

Calidad de aplicación sobre suelo desnudo (Estación de muestreo 1)

Los ensayos de determinación de eficiencia de aplicación de los distintos tratamientos sobre suelo desnudo se efectuaron por medio de tarjetas hidrosensibles Syngenta de 3" x 1" colocadas sobre varillas de alambre con soporte, a nivel del suelo. Las tarjetas hidrosensibles se manchan de color azul al ser alcanzadas por las gotas de la pulverización. Todo se realizó durante la misma jornada, entre las 10am hasta las 3pm.

Las tarjetas estuvieron dispuestas en 4 bloques, de a pares, distanciadas a 1,4 metros una de la otra. Posteriormente se procedió al paso de la pulverizadora, ubicando para la aplicación, el botallón en la dirección del viento con el objetivo de atenuar los efectos de deriva (Figura 1).

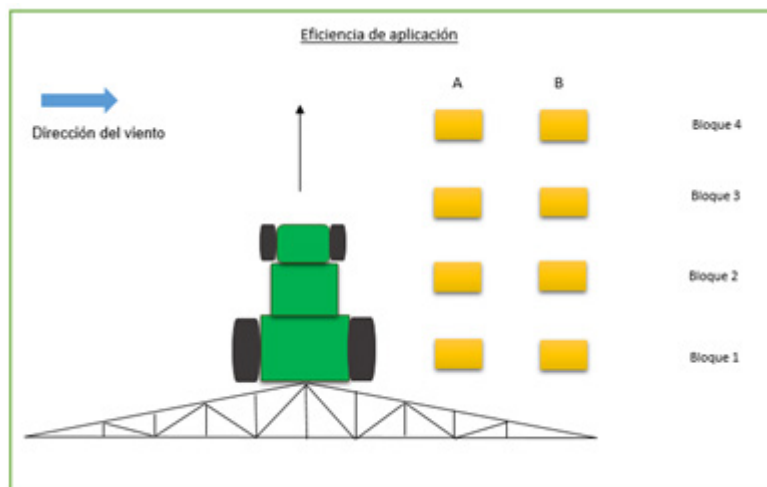


Figura 1. Diagrama de ubicación de las tarjetas en la estación de muestreo 1.

Derivas en la pulverización (Estaciones de muestreo 2 y 3):

Para la medición de los distintos tipos de deriva (deriva de sedimentación y exoderiva) se trató de circular el lote en forma perpendicular al viento, con el objetivo de atenuar su efecto durante la aplicación.

Para el caso de la deriva de sedimentación la toma de muestras se realizó en forma similar a la utilizada en la estación de muestreo 1, es decir las tarjetas hidrosensibles estuvieron ubicadas horizontalmente en varillas de alambre a nivel del suelo, pero dispuestas individualmente en 4 bloques, y a 25 metros del extremo del botalón (Figura 2).

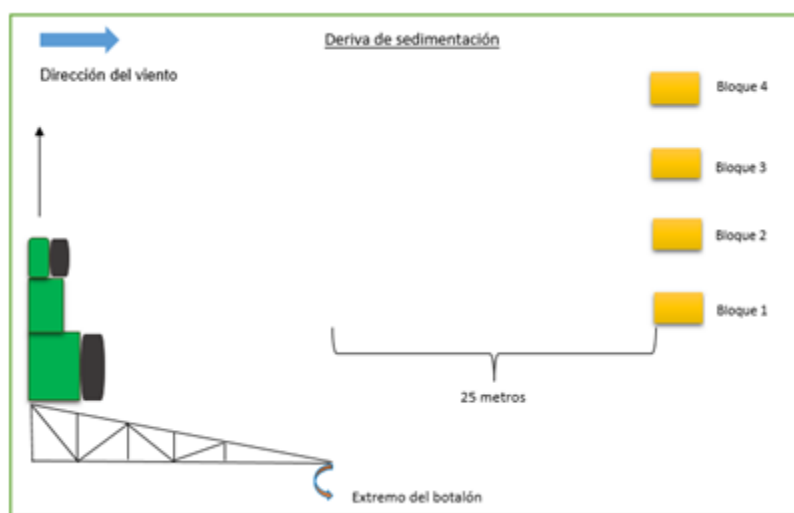


Figura2: Diagrama de ubicación de las tarjetas en la estación de muestreo dos.

Para la medición de la exoderiva se utilizaron tarjetas hidrosensibles ubicadas verticalmente sobre una torre de soporte (a 1, 2, y 3 metros de altura).

La torre estuvo distanciada a 50, 25 y 5 metros del extremo del botalón, con el objetivo de establecer una distancia óptima de trabajo entre la máquina pulverizadora y el elemento problema (cultivo sensible, zonas urbanas, etc.) a partir del análisis de los datos de deriva obtenidos. Para ello se realizaron 2 repeticiones (Figura3).

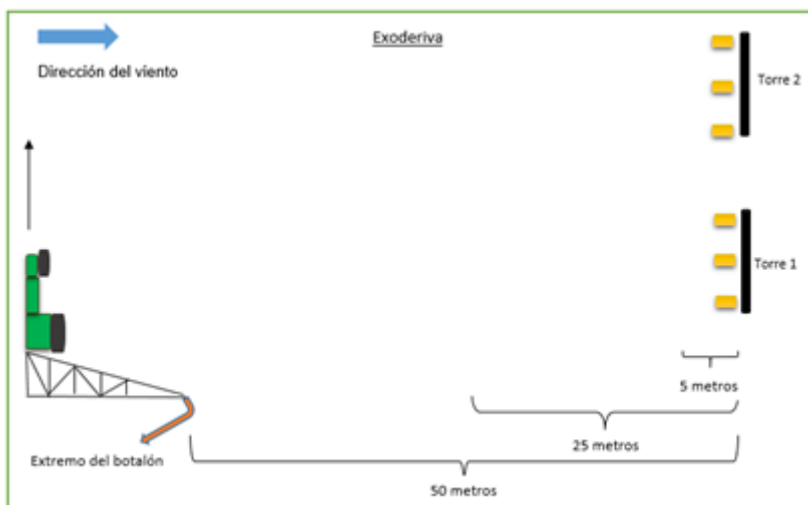


Figura3: Diagrama de ubicación de las tarjetas en la estación de muestreo tres.

Para dicha metodología, en el análisis se utilizó un scanner de mesa y el programa CIR 1.5 (Editor), para la evaluación de tarjetas de papel sensible al agua. Dichas tarjetas fueron escaneadas a una resolución de 1200 dpi (*dots per inch* o puntos por pulgada) para posteriormente ser procesadas por medio del programa mencionado. Durante el proceso de análisis de las imágenes guardadas, el programa CIR 1.5 realizó la evaluación de las diferentes variables en cinco ventanas ubicadas en “V”, entregando los siguientes resultados:

- Cantidad de impactos/cm² - Término conocido como cobertura y que permite determinar *a priori* si es factible una aplicación de herbicidas, insecticidas o fungicidas, según su modo de acción, con la cantidad de gotas por cm² adecuada.
- Diámetro Volumétrico Mediano – DV0,5 o DVM: corresponde al diámetro de gota que divide al volumen pulverizado en dos partes iguales en volumen, la mitad del volumen serán gotas de menor diámetro que el DVM y la otra mitad serán gotas de mayor diámetro que el DVM.
- Diámetro numérico mediano (DMN): representa el diámetro de gota, en relación al número total de gotas de la población formada por la boquilla, que divide esa población de gotas en dos mitades iguales; la mitad de las gotas tiene un tamaño menor al DMN y la otra mitad un diámetro mayor al DMN.

- DV0,9 (μm): diámetro volumétrico del 90 %, aquel que divide el volumen pulverizado de forma tal que el 90 % del mismo tiene un tamaño menor al DV0,9.
- DV0,1 (μm) diámetro volumétrico del 10 %, aquel que divide al volumen pulverizado de tal forma que el 10% del mismo tiene un tamaño menor al DV0,1.
- Eficiencia (en %) relación entre el volumen aplicado y el efectivamente recogido en el objetivo.
- Amplitud Relativa: es la relación entre los diámetros volumétricos (DV0.9 - DV0.1) / DV0.5. Ofrece una idea de la homogeneidad del espectro de gotas (Cunha et al., 2010). Es un valor numérico adimensional que expresa la variación de tamaño de las gotas, y cuanto más cercano a cero sea, más homogéneo será el espectro de gotas
- Factor de dispersión: la diferencia entre el tamaño de las gotas en una pulverización se denomina espectro de gotas, y expresa la uniformidad del conjunto de gotas o su espectro de variación. Para dimensionar este espectro se utiliza el cociente entre el DV0,5 y el DMN.
- Área de Cobertura (%) – Porcentaje del área de la tarjeta de papel sensible cubierta por manchas.

En los casos en que el ANOVA alcanzó significancia estadística, se utilizó la prueba de LSD Fisher con un nivel de significación del 5 %.

Sitio y Condiciones ambientales durante el ensayo.

En cada aplicación se tomaron datos de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento por medio de una estación meteorológica portátil Kestrel 3500 DT.

Las condiciones atmosféricas al momento de realizar el ensayo se visualizan en la Tabla 4. Las mismas muestran pequeñas variaciones en los diferentes momentos de realización de los tratamientos. Dichas variaciones no afectan de un modo importante los posibles resultados de la aplicación.

Tabla 4. Condiciones atmosféricas al momento de realizar el ensayo. T: temperatura; HR: humedad relativa; Presión: presión atmosférica; Viento máx: velocidad máxima del viento; Viento promedio: Velocidad media del viento; Delta T: Diferencia de temperatura entre bulbo seco y húmedo.

Horario	T(°C)	HR (%)	Presión (atm)	Viento máx (km/h)	Viento promedio (km/h)	delta T (°C)
12:00	26	64	1,011	18	14,6	5,5
14:15	28,2	54	1,008	15	13	7,1

Comparando las dos situaciones de muestreo se observa que hacia el final del ensayo se produjo un aumento de la temperatura y una disminución de la humedad relativa (por debajo del umbral del 60 %) y de la velocidad del viento promedio y máximo. Tanto los valores de temperatura como los de humedad relativa registrada, están dentro de los recomendados para realizar una correcta aplicación de agroquímicos. La alta temperatura ambiente registrada favorece la pérdida de producto por termoderiva y la baja humedad relativa, junto a la alta temperatura, favorecen las pérdidas por evaporación. Únicamente el efecto de la mayor velocidad del viento habría podido incidir en un aumento de la exoderiva. Sin embargo, los registros de velocidad del viento fueron inferiores a los mencionados por Etiennot (1990), en relación a la existencia de reglamentaciones que prohíben la aplicación de plaguicidas con vientos superiores a los 15 km/hora, condición que debe respetarse escrupulosamente cuando en el sentido del viento se encuentren cultivos sensibles a herbicidas, como también a lo afirmado por Costa et al. (1979). Sin embargo, los cambios acontecidos en la tecnología de aplicación de productos agroquímicos han producido modificaciones en estos aspectos. Etiennot & Piazza. (2010) estiman que dicho valor podría considerarse como el límite máximo en zonas próximas a urbanizaciones, cuerpos o fuentes de agua y cultivos sensibles, debiendo ser, además, el sentido del viento, contrario a estas zonas sensibles. La velocidad del viento superó solo algunas normativas vigentes para el Programa provincial de Uso Racional de Agroquímicos, Ley 4073 de biocidas y agroquímicos de Chubut, que recomiendan como medidas de seguridad que no se apliquen pesticidas cuando hay viento sobre 10 km/h. En cuanto a las recomendaciones establecidas por Márquez Delgado (2008) la velocidad del viento podría considerarse normal, con velocidades de viento entre 1,5 y 5 m/s (5,4 y 18 km/h) recomendando para este caso la pulverización con gotas de finura media. Además cabe mencionar que para la primera situación se presentaron vientos en ráfagas de velocidades de 18 km/h, que aumentaría el riesgo

potencial de deriva de sedimentación y exoderiva. En cuanto a la humedad relativa, las condiciones también fueron aceptables, en acuerdo con Leiva (1995) quien recomienda no hacer aplicaciones de agroquímicos con humedad relativa inferior al 40 %. En las condiciones del ensayo, los valores se ubican cercanos al 60 %, indicado por este autor como límite a partir del cual la evaporación no resulta significativa, como así también adecuados en función de lo dicho por Walla (1980) y Etiennot (1990) como límite de seguridad en tratamientos con plaguicidas líquidos de no más de 25°C de temperatura y humedad relativa inferior al 60 %, e inferiores a los mencionados por Frola (2013) que establece que se debe trabajar con temperatura inferior a 30°, humedad relativa superior a 40 %, y vientos con velocidades menores a 18-20 Km/h debiendo recurrir al uso y manejo de los coadyuvantes antievaporantes, que ayuden a proteger la gota que se está generando cuando las condiciones no son buenas.

Resultados y discusión.

ENSAYO DE CALIDAD DE APLICACIÓN

Número de Impactos

El análisis de los datos del ensayo de calidad de aplicación no presenta diferencias significativas entre tratamientos, correspondiendo al T2 (18km/h y 28,5 l/ha) los mayores valores seguido del T1 (18 km/h y 57 l/ha) teniendo el T3 (9 km/h y Vol. 57 l/ha) los menores valores (Figura 4). Cabe mencionar que el coeficiente de variación es alto 67,17%, lo que colabora con que no se presenten diferencias estadísticas. Pompe et al.(1992) indican que, normalmente al aumentar el tamaño de las gotas asperjadas para reducir la deriva, se produce consecuentemente, una reducción del número de gotas depositadas por unidad de superficie (gotas/cm²). Si este número de impactos, fuese demasiado bajo, es necesario aumentar el volumen de aplicación (litros/hectárea) para aumentar en la misma proporción el número de gotas/cm², lo que indicaría que se esperan más impactos con un mayor volumen, contrariamente a lo encontrado entre T1 y T2. En contraposición a lo observado entre T2 y T3, otros autores indican que posiblemente la mayor velocidad de trabajo es la responsable de la menor cantidad de impactos logrados. La mayor velocidad de avance no generó menos cantidad de impactos (Ooms et al., 2003; Sarubbi, 2010; Inostroza et al., 2011).

El número de impactos resultó para todos los tratamientos muy superior al recomendado por Márquez Delgado (2008) quien afirma que, como norma general, se requieren para herbicidas de preemergencia realizar aplicaciones por pulverización con un mínimo de 20 a 30 gotas cm^{-2} con un $\text{DV}_{0,5}$ de 400 – 600 μm , mientras que para herbicidas de post-emergencia (contacto) el número de impactos asciende a 30 - 40 gotas cm^{-2} con un $\text{DV}_{0,5}$ 200 – 400 μm . No obstante ello, el número de impactos resultó mayor para T2 con respecto a T1 y T3, teniendo estos últimos un 100% más de tasa de aplicación. También resultan superiores los registros a los que recomienda Frola (2013) para la técnica de aplicación de bajo volumen.

Estos resultados permiten visualizar que una mayor tasa de aplicación no garantiza una mayor cantidad de impactos, teniendo en cuenta además la pérdida de capacidad de trabajo por menor autonomía del equipo. Por lo tanto, la técnica de bajo volumen resulta igualmente efectiva para el control de plagas.

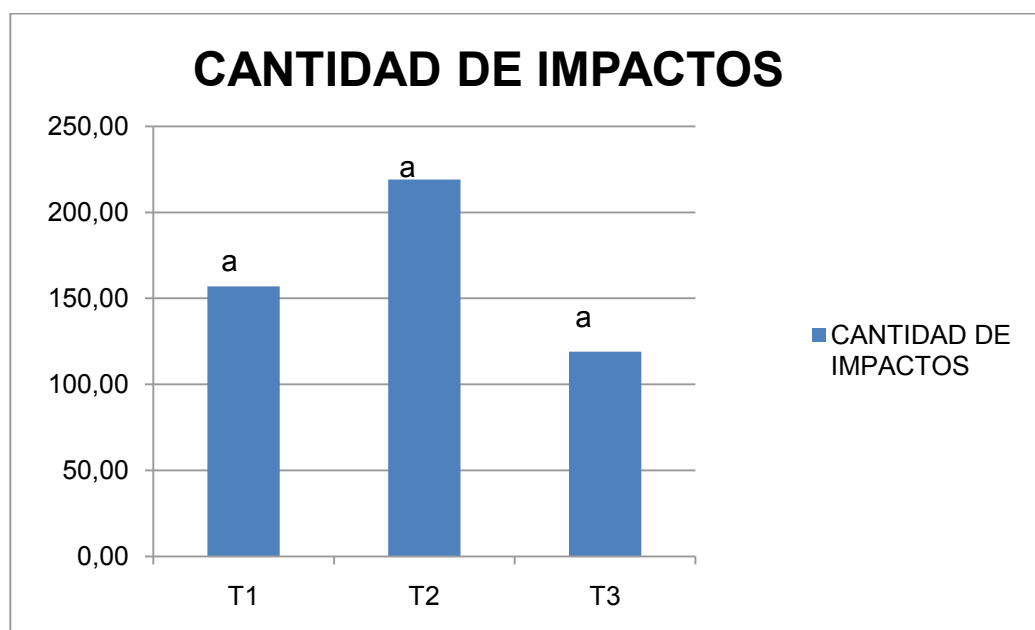


Figura4 : Número de impactos de la aplicación expresado en gotas. cm^{-2} para cada tratamiento. T1: 57 l/ha, 18km/h, 0,35m; T2: 28,5l/ha, 18km/h, 0,7m; T3: 57l/ha, 9km/h, 0,7m. Letras minúsculas diferentes en cada columna indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,05$) según el test de LSD.

Diámetro volumétrico mediano

Esta característica de la población de gotas para los distintos tratamientos se visualiza en la Figura 5. Los valores de $\text{DV}_{0,5}$ de T1, T2 y T3 no se diferenciaron

estadísticamente, obteniéndose valores medios de 298,29 μm y 274,3 μm y 316,59 μm respectivamente. El que presentó menor tamaño de gota fue el T2 de menor tasa de aplicación y mayor velocidad. La uniformidad en la población de gotas se debe a que los tres tratamientos consisten en la misma pastilla trabajando a la misma presión. Dichos valores corresponden a la categoría de gotas gruesas en acuerdo con la clasificación establecida en la Norma ASAE S-572 (ASAE, 2009). Estos valores se encuentran dentro del rango recomendado por Frola (2013) para las aplicaciones controladas que tratan de disminuir las pérdidas por deriva de la aplicación. También se encuentran T1, T2 y T3 en el rango de gotas de tamaño medio indicado por Márquez Delgado (2008) en condiciones adecuadas de aplicación. Leiva (1995) indica que trabajando con agua como dispersante, gotas menores de 150 μm están muy expuestas a la evaporación y deriva, y aquellas mayores de 350 μm no proveen una adecuada cobertura y caen generalmente al suelo arrastrando con ellas al agroquímico. Se considera que un adecuado balance se obtiene utilizando gotas de entre 200-250 μm de diámetro. Los valores, resultan similares a los encontrados para estas pastillas, por Márquez Delgado (2005).

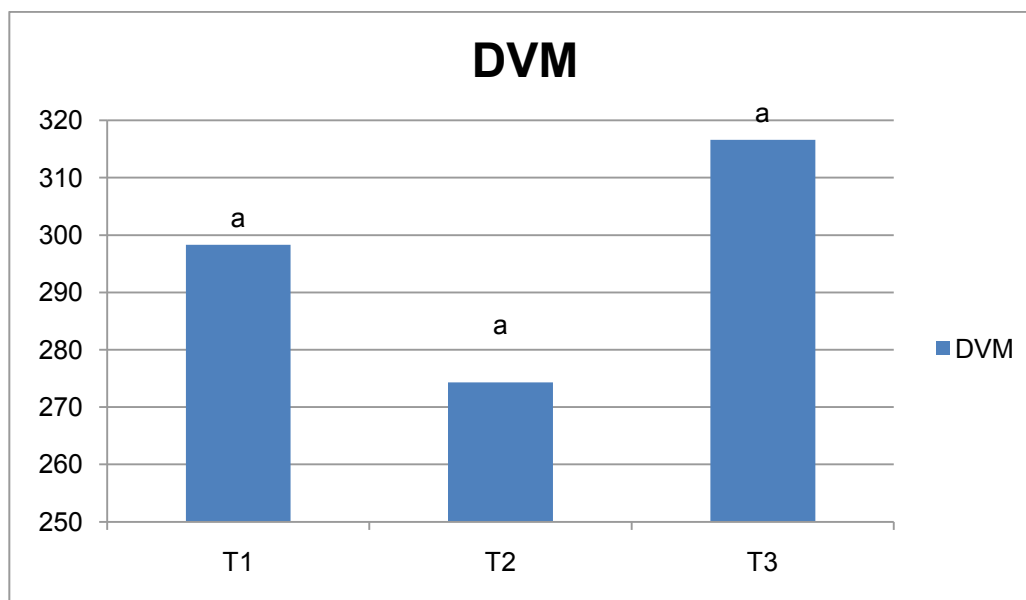


Figura5: DVM: diámetro volumétrico mediano expresado en μm . (DV0,5); T1: 57 l/ha, 18km/h, 0,35m ; T2:28,5l/ha, 18km/h, 0,7m; T3:57l/ha, 9km/h, 0,7m. Letras minúsculas diferentes en cada columna indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,05$) según el test de LSD.

Sarubbi (2010) menciona como indicadores del potencial de endoderiva y exoderiva a los valores de DV0,9 y DV0,1 respectivamente. El análisis de los tratamientos indica que T2 presenta diferencias significativas para DV0,1 es decir que la población de gotas más chicas se generó en este tratamiento. A su vez en T2 se

diferenció estadísticamente un DNM menor que en T3 y T1, lo que permitiría indicar mayores riesgos de exoderiva para el T2. El valor de DV0,1 es de 105 μm , lo cual indica que un 10% del volumen está formado por gotas de menos de dicho tamaño fácilmente derivables por el viento existente al momento de realización del ensayo, siendo posible que en momentos de ráfagas mayores a la velocidad media medida, se hayan derivado gotas de tamaño aún mayor. Estos resultados podrían ser apoyados por los valores de cobertura e impactos observados en el ensayo de exoderiva. A diferencia de esto para el caso de DV0,9 no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos y en consecuencia no es de esperar mayores riesgos de endoderiva de un tratamiento respecto a los demás.

Tabla 5: DNM, DV0,1 y DV0,9(expresado en μm) para la población de gotas de los distintos tratamientos. T1= 57 l/ha, 18km/h, 0,35m ; T2= 28,5l/ha, 18km/h, 0,7m; T3: 57l/ha, 9km/h, 0,7m.

	DV0,1	DV0,9	DNM
T1	160,18 b	543,89 a	78,88 b
T2	105,04 a	496,88 a	60,4 a
T3	164,3 b	542,92 a	70,11 ab

Letras minúsculas diferentes en cada columna indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,05$) según el test de LSD.

Cobertura

Con respecto a la cobertura, las pastillas de abanico plano inducidas presentaron los mayores registros en T1, existiendo diferencias significativas respecto a T2 como se observa en la Figura 6. Siendo que T1 tuvo menos impactos que T2, la diferencia en cobertura encontrada sería debida a gotas de mayor tamaño en T1. Debe remarcarse que el diámetro de la gota influye al cuadrado en la superficie de cobertura, mientras que el número de impactos lo hace linealmente. Los resultados están explicados por la cantidad de impactos y su DV0,5, y concuerdan con Frola (2013) y Márquez Delgado (2008) quienes indican que con mayores tasas de aplicación y para un mismo tamaño de gota se obtiene más cobertura.

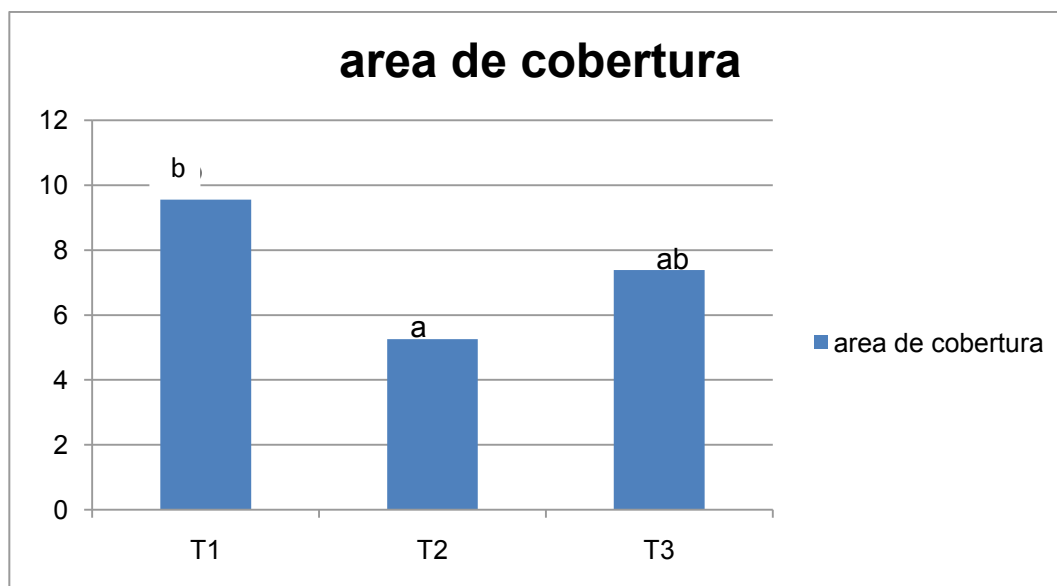


Figura6: Área de cobertura expresada en porcentaje; T1: 57 l/ha, 18km/h, 0,35m; T2: 28,5l/ha, 18km/h, 0,7m; T3: 57l/ha, 9km/h, 0,7m. Letras minúsculas diferentes en cada columna indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,05$) según el test de LSD.

Teniendo en cuenta el tamaño de la población de gotas y la cantidad de impactos es razonable que T1 presente mayor área de cobertura. T1 y T3 no tienen diferencias significativas en cobertura, pero se aprecia un 23 % más de cobertura en T1 que en T3 siendo este porcentaje coincidente con la diferencia de impactos entre tratamientos, ya que DV0,5, DV0,9 y DV0,1 son similares para ambos tratamientos. La velocidad de avance pareciera no ser la variable de mayor peso a la hora de explicar dichas diferencias, ya que T1 duplica en velocidad a T3 pero la cobertura no se diferencia significativamente. La mayor cobertura de T1 se correspondió con una mayor cantidad de impactos de diámetro medio mayor, logrando distribuirse más uniformemente en la superficie, aumentando así el porcentaje de cobertura. En tanto que en T3 la mayor cobertura respecto a T2 estuvo dada por un mayor DV0,5 compensando, de esta manera, la menor cantidad de impactos. La menor cobertura de T2 estaría dada por un diámetro medio menor que los demás, no compensados por su mayor número de impactos.

Amplitud relativa

En la Figura 7 se visualiza el resultado del análisis estadístico, respecto a la amplitud relativa de la población de gotas, para los diferentes tratamientos. No se encontraron diferencias significativas en ningún tratamiento para este parámetro, por lo que los mismos fueron diferentes en amplitud y homogéneos entre los mismos.

Los valores fueron para todos los tratamientos superiores a la unidad lo que indica que la población de gotas tiene una dispersión del diámetro volumétrico hacia tamaños más grandes, es decir que superan al DV0,5. Coincidiendo con Cunha et al. (2010) la evaluación de la amplitud relativa proporciona una idea de la homogeneidad de la clase de gotas que llega al blanco. Cuanto más chico sea el número, más homogéneo es el espectro de gotas. Los elevados valores de amplitud relativa de la pastilla abanico estarían dados por la característica de estas boquillas de generar un amplio rango de tamaño de gotas.

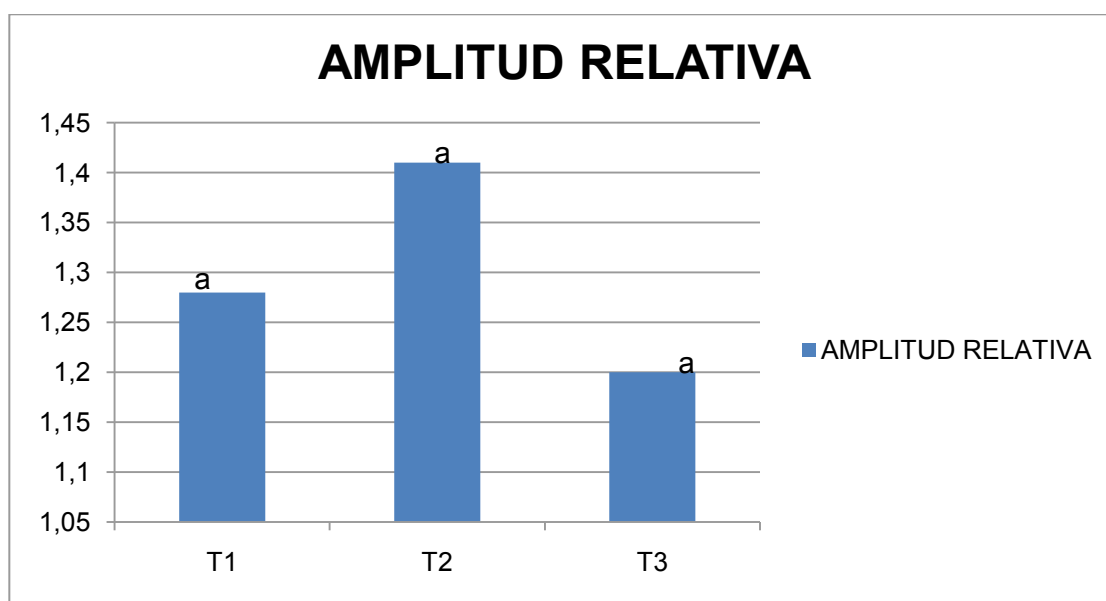


Figura7: Amplitud relativa de la población de gotas para cada tratamiento. T1: 57 l/ha, 18km/h, 0,35m; T2: 28,5l/ha, 18km/h, 0,7m; T3: 57l/ha, 9km/h, 0,7m .Letras minúsculas diferentes en cada columna indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,05$) según el test de LSD.

Factor de dispersión

La relación entre los diámetros DV0,5/DNM, se denomina factor de dispersión (FD) y permite evaluar la homogeneidad de la población de gotas, de manera que cuanto más se aproxima al valor de 1 la población es más homogénea. Los resultados indican que los 3 tratamientos poseen poblaciones heterogéneas, con valores medios de FD de 3,98, 4,58 y 4,68, sin diferencias significativas entre tratamientos. De una población con dicha característica se podría esperar una menor eficiencia. Como indica Márquez Delgado (2008) un sistema de pulverización que consiga mayor igualdad entre las gotas evitará que muy pocas gotas grandes se lleven la mayor cantidad del producto.

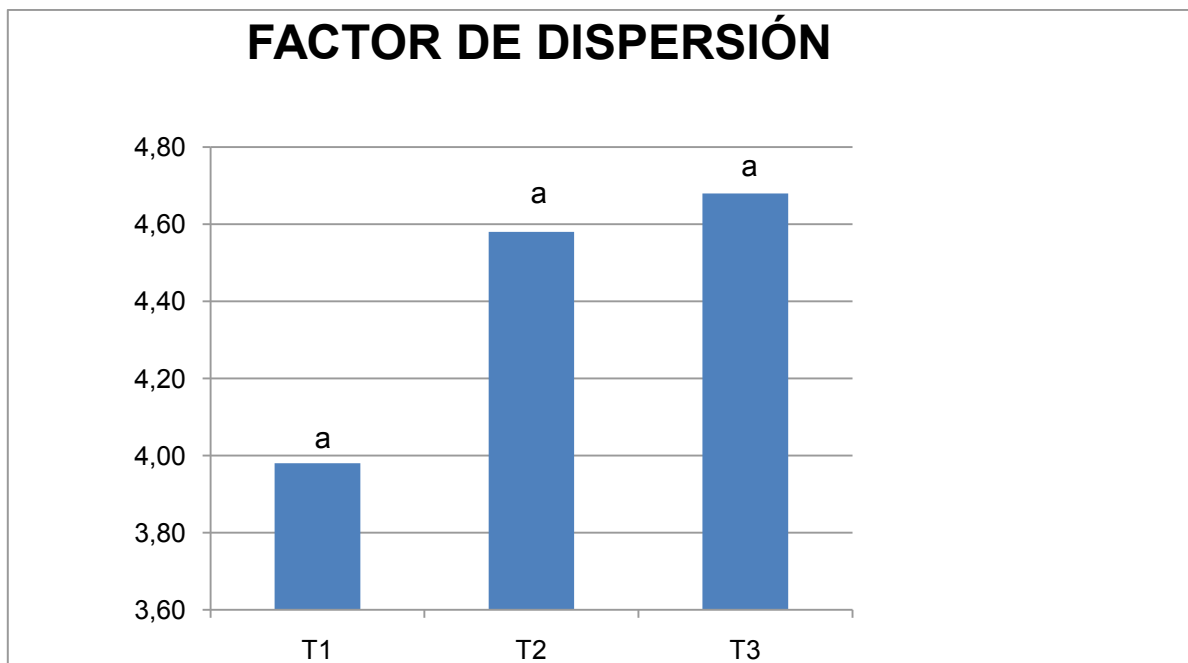


Figura 8: Factor de dispersión de la población de gotas para cada tratamiento. T1: 57 l/ha, 18km/h, 0,35m; T2: 28,5l/ha, 18km/h, 0,7m; T3: 57l/ha, 9km/h, 0,7m. Letras minúsculas diferentes en cada columna indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,05$) según el test de LSD.

Eficiencia

Se observa que a mayores velocidades y menor caudal se reducen los parámetros DV0,5, DMN, DV0,1 y DV0,9, para el caso de T2, lo que revela que la población de gotas que llega al objetivo, es de menor tamaño, aunque la cantidad de impactos fue mayor en tales circunstancias. Con una población de gotas de mayor tamaño, aunque los impactos sean menos numerosos, el área de cobertura y la eficiencia no se han reducido para T1 y T3, como se muestra en la Figura 9. En T1 se presenta el valor de eficiencia más alto, 66,23% con menos impactos pero de mayor tamaño, seguido de T2 con 57,15% y T3 con 52,79%. Cabe aclarar que el CV=41,7, continúa siendo alto, expresando la variabilidad de dichos resultados y colaborando en la ausencia de diferencias en el análisis estadístico. Estos valores son superiores a los mencionados por Chaim *et al.* (1999a) y Scramin *et al.* (2002) pero muy cercanos a los indicados por Martens (2012). La técnica de bajo volumen a pesar de reducir la tasa de aplicación a la mitad iguala en capacidad de control a las otras dos técnicas reduciendo el consumo de agua, aumentando la autonomía de la pulverizadora y disminuyendo la inactivación del producto con el agua (Leiva & Picapietra, 2012).

Sin embargo, en estos valores de eficiencia no se tiene en cuenta que el programa utilizado no tiene contemplado el efecto de “impresión” que produce la gota con aire sobre la tarjeta analizada (Domper, 2015). Si bien los resultados para los dos volúmenes de aplicación son altos en comparación a los ya citados, podrían atribuirse en primera instancia a dos factores que inciden en las mediciones, independientemente de los porcentajes calculados. Por un lado, la impronta de la gota responde al volumen de líquido y aire incluidos en la misma, pero se entiende que los cálculos se efectúan en función de una gota “llena”. Si se toman en cuenta las determinaciones de la densidad de las gotas cuantificadas por Butler *et al.* (2002), las mismas alcanzan valores de 700-850 kg/m³, lo cual permite inferir una sobreestimación de al menos un 15 a 30 % en el volumen de líquido recuperado. Por otra parte, en las aplicaciones con este tipo de pastillas, el estallido de las gotas por rotura en el momento del impacto y generación de gotas de menor tamaño, tendría un efecto aditivo para el cálculo del volumen recuperado ya que éste sumaría la impronta de una gota sobredimensionada, más las producidas luego del golpe primario contra el objeto de aplicación.

Considerando que para la totalidad de tratamientos las condiciones de formación de la población de gotas es la misma (Presión, pastilla), las variaciones observadas en los parámetros analizados en las tarjetas son resultado de parámetros operativos y ambientales. Así por ejemplo, comparando T1 con T3, en el que para mantener la tasa de aplicación se redujo a la mitad el distanciamiento y se duplicó la velocidad del primero, las poblaciones de gotas captadas y analizadas resultan ser de similares parámetros, DV0,1; DV0,9; Amplitud; FD; DV0,5 y DNM. En cambio al comparar T1 con T2, siempre teniendo en cuenta que al ser el volumen de aplicación una consecuencia del menor distanciamiento entre picos, sin que se produzcan variaciones en la regulación de la presión de trabajo del sistema ni de velocidad de avance, la población de gotas generadas por las pastillas no varía, a menos que se modifique el régimen de funcionamiento del motor y por ende de la bomba de pulverización. La comparación se corresponde con el área de cobertura, siendo casi el doble en T1 respecto a T2.

En T2 la eficiencia fue ligeramente menor que en T1, alcanzando con la mitad de volumen que T1, la mitad de la cobertura. Un aceptable valor de este parámetro, obtenido con una menor tasa sería un aspecto favorable ya que se cuenta con las ventajas ya mencionadas por Moltoni *et al.* (2008) y Leiva & Picapietra (2012) de mayor concentración de principio activo, disminuir el uso del vehículo, mayor autonomía del

equipo y por ende menores costos. Siendo que la eficiencia contempla la cantidad de gotas que llegaron respecto a las que salieron de la pulverizadora, la menor eficiencia de T2 respecto a T1, implicaría una mayor deriva.

T1 tuvo mayores valores de eficiencia y área de cobertura que T3 sin diferencias estadísticas, lo que podría explicarse por una mayor superposición entre abanicos; ya que el viento aparente generado por el mayor distanciamiento en T3, habría favorecido la pérdida por deriva de las gotas más pequeñas generadas por la pastilla, disminuyendo así la cantidad de gotas que llegaría al blanco. El hecho de estar menos distanciados disminuiría el riesgo de deriva. Únicamente el viento, de intensidad variable, podría haber derivado para la mayor tasa de aplicación gotas de mayor tamaño hacia las tarjetas, mientras que las de menor tamaño se podrían haber dirigido hacia arriba por los vórtices producidos entre los abanicos de dos pastillas contiguas. Esto coincide con los resultados obtenidos por Phillips y Miller (1999). Conforme a lo analizado la situación más comprometida para el riesgo de deriva sería T2 donde se conjugan las dos condiciones de mayor distanciamiento y velocidad. Del análisis de los resultados se observa que si bien todos los tratamientos tienen valores de eficiencia aceptables, se podría trabajar con tales variables operativas, con potenciales de riesgo de deriva y capacidad de trabajo distintos.

Por último, y conforme a lo ya analizado, el tamaño de gota es determinante en gran medida en el manejo de la deriva, lo que daría indicios que dicha población del T2 tendría mayores riesgos de exoderiva, esperándose un menor valor de eficiencia, situación no encontrada en este ensayo (Figura 9)

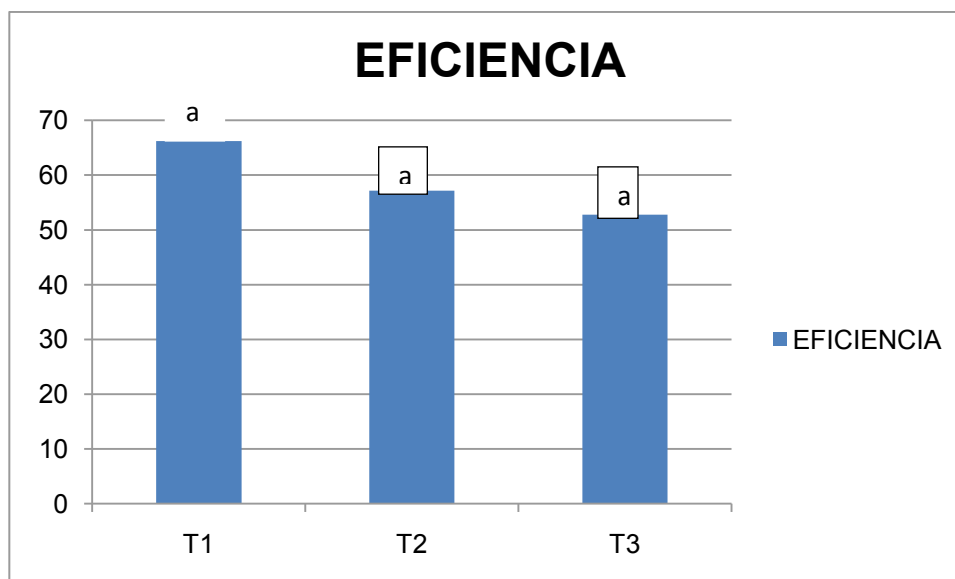


Figura 9: Eficiencia de aplicación expresada en porcentaje para cada tratamiento. T1: 57 l/ha, 18km/h, 0,35m; T2: 28,5l/ha, 18km/h, 0,7m; T3: 57l/ha, 9km/h, 0,7m. Letras minúsculas diferentes en cada columna indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,05$) según el test de LSD.

Análisis de la deriva de sedimentación.

Cantidad de impactos.

En la Figura 10 se observa la cantidad de impactos obtenidas en los tres tratamientos, sin diferencias significativas. El coeficiente de variación fue de 63 %, colaborando en la ausencia de diferencias estadísticas. El número de impactos resultó para todos los tratamientos superior a los recomendados por Márquez Delgado (2008) para el control de malezas con herbicidas. También resultan superiores los registros a los que recomienda Frola (2013). En contraposición a estos autores las medias de los tres tratamientos para el parámetro DVM, no superó los 74,29 μm de diámetro, mucho menor a lo recomendado por ellos. Es importante destacar que esta cantidad de impactos no resulta una consecuencia indeseada en la aplicación, ya que podría realizar un control con dicha cantidad de impactos si los mismos quedan dentro del lote.

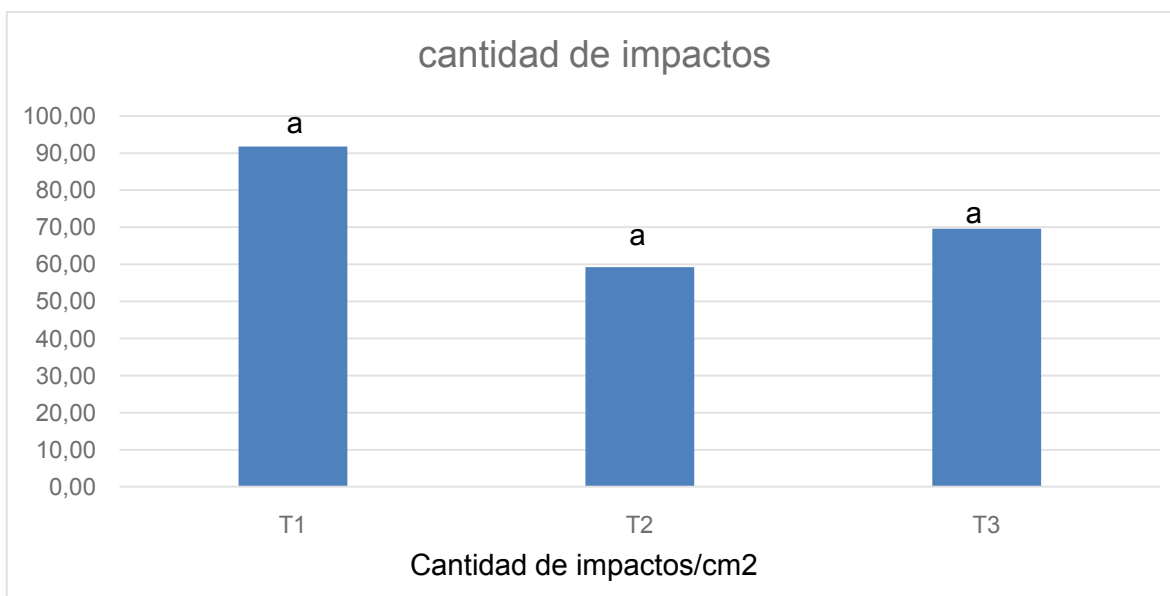


Figura 10. Cantidad de impactos/cm²; T1: 57 l/ha, 18km/h, 0,35m; T2: 28,5l/ha, 18km/H, 0,7m; T3: 57l/ha, 9km/h, 0,7m. Letras minúsculas diferentes en cada columna indican diferencias significativas entre pasadas en cada tratamiento ($p \leq 0,05$) según el test de LSD.

DVM

La información contenida en la Figura 11 indica que no se observaron diferencias estadísticas significativas entre T1 y T2. Las medias resultaron para T1=61,07 μm T2=75,81 μm y T3=74,89 μm . Dentro de la clasificación propuesta por la BCPC y Norma ASAE S-572 (ASAE, 2009) las gotas son de tamaño muy fino.

Los valores están dentro del espectro de tamaño de gotas mencionado por Bouse et al. (1990). Además se ubican dentro del rango mencionado por Etiennot (1993), Leiva (1995), Walla (1980) y Sarubbi (2010) de gotas propensas a la evaporación y a ser desplazadas por el viento, lo que indica que es de esperar que dichas gotas sean encontradas fuera del objetivo.

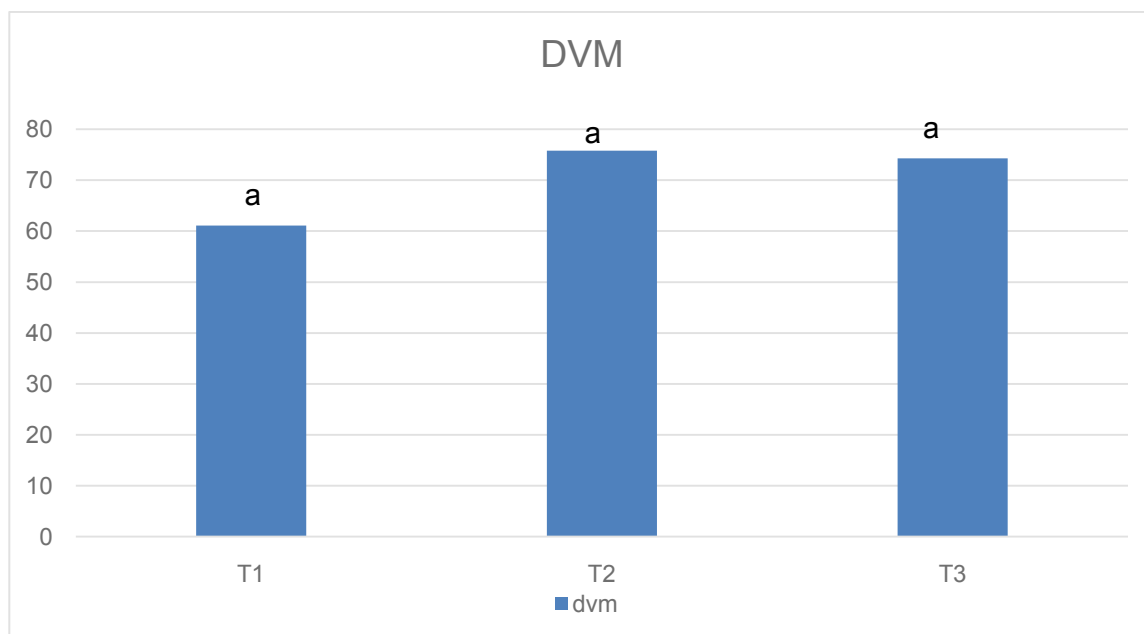


Figura11: DVM: diámetro volumétrico mediano (DV0,5); T1: 57 l/ha, 18km/h, 0,35m; T2: 28,5l/ha, 18km/h, 0,7m; T3: 57l/ha, 9km/h, 0,7m. Letras minúsculas diferentes en cada columna indican diferencias significativas en cada tratamiento ($p \leq 0,05$) según el test de LSD.

Área de cobertura

Los resultados de análisis no muestran diferencias significativas entre tratamientos. Los valores son bajos, menores al 1%. El CV=67,59 es alto, lo cual indica que la cobertura tiene una distribución poco uniforme. Es de esperar dicha similitud en los valores, debido a que presentan valores de impactos y DV0,5 similares. Dada la conjunción de una población de gotas con DV0,5 por debajo de los 80 μm y un número de gotas reducido sobre el objeto de aplicación, se obtuvo una baja cobertura .

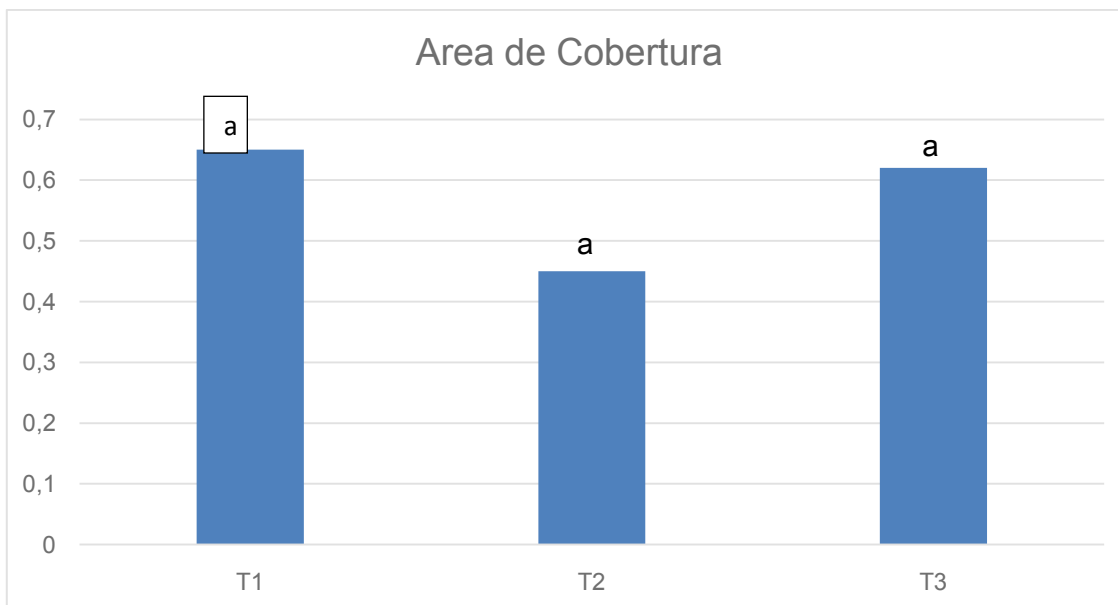


Figura12: Área de cobertura de gotas para los distintos tratamientos. T1: 57 l/ha, 18km/h, 0,35m; T2: 28,5l/ha, 18km/h, 0,7m; T3: 57l/ha, 9km/h, 0,7m. Letras minúsculas diferentes en cada columna indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,05$) según el test de LSD.

Volumen recolectado.

Se refiere al volumen (l/ha) que se depositó en la tarjeta sensible y se calcula integrando (sumando) el volumen aportado por todas las gotas registradas. Pierde sentido en este ítem hablar de eficiencia.

Los resultados observados no presentan diferencias significativas entre tratamientos. El elevado coeficiente de variación ($CV = 101,7$) ha dificultado hallar diferencias significativas. Se observa que si bien T1 y T3 parten del doble de la tasa de aplicación se ha recolectado menor volumen que T2.

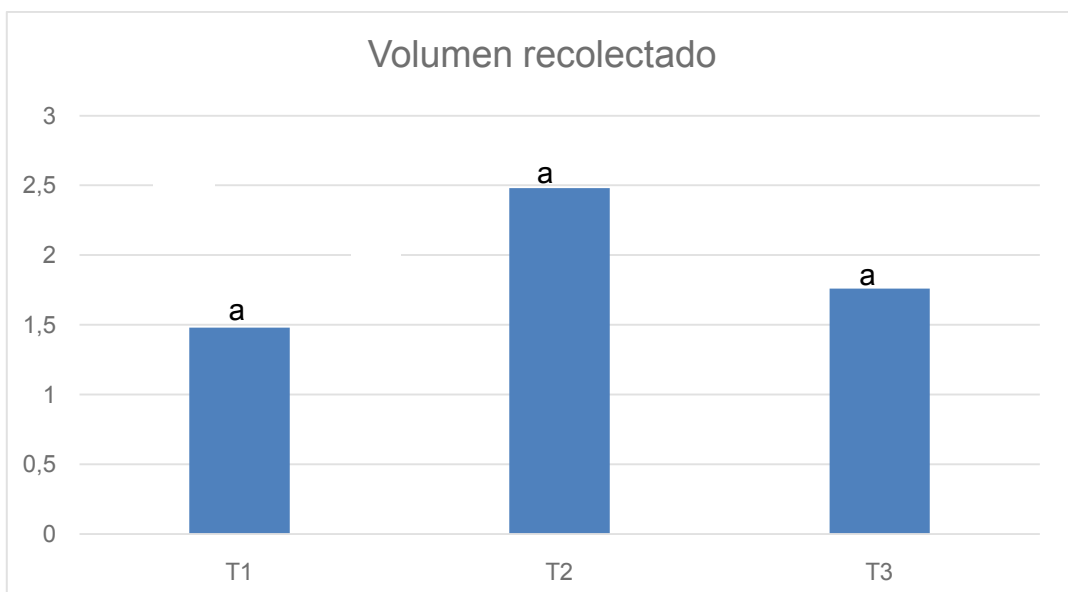


Figura13: Volumen recolectado para los distintos tratamientos. T1: 57 l/ha, 18km/h, 0,35m; T2: 28,5l/ha, 18km/h, 0,7m; T3: 57l/ha, 9km/h, 0,7m. Letras minúsculas diferentes en cada columna indican diferencias significativas en cada tratamiento ($p \leq 0,05$) según el test de LSD.

Respecto a los parámetros DV0,1, DNM y DV0,9 para los tres tratamientos no se observaron diferencias estadísticas significativas, lo que confirma que las gotas derivadas son pequeñas y que su población es muy uniforme, independientemente del tratamiento. Además teniendo en cuenta los valores medios de dichos parámetros, se podría indicar que se trata de una población de gotas muy finas según la Norma ASAE S-572 (ASAE. 2009) y la BCPC. En consecuencia para todos los tratamientos el factor de dispersión, y la amplitud, resultan ser similares y sin diferencias significativas. Conforme a lo analizado se podría inferir que el comportamiento de la endoderiva para todos los tratamientos fue similar.

Tabla 6: parámetros de la población de gotas. : DV0,1, DV0,9 DNM, DV0,5(expresado en μm)Amplitud relativa y Factor de dispersión para la población de gotas de los distintos tratamientos. T1= 57 l/ha, 18km/h, 0,35m ; T2= 28,5l/ha, 18km/h, 0,7m; T3: 57l/ha, 9km/h, 0,7m.

Endoderiva	DV0,1	DV0,9	DNM	DV0,5	Amplitud	FD
T1	43,66 a	91,28 a	51,01 a	61,07 a	0,79 a	1,20 a
T2	47,67 a	186,2 a	53,89 a	75,81 a	1,93 a	1,41b
T3	47,6 a	165,55 a	53,09 a	74,29 a	1,50 a	1,41b

Letras minúsculas diferentes en cada columna indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,05$) según el test de LSD.

Análisis de la Exoderiva

Cantidad de impactos

La población de gotas encontradas a los diferentes distanciamientos y alturas, es de características similares. Como se observa en la Tabla 7 no se diferencian estadísticamente para los valores de DV0,5, DV0,1, DV0,9, DNM, y por lo tanto su amplitud relativa y Factor de dispersión resultan de valores similares y cercanos a la unidad. Esto significaría que la población de gotas que se deriva es homogénea. Observando el tamaño de las gotas, puede afirmarse que las gotas que se exoderivan son de tamaño similar más allá de la técnica que las genera. Se aprecia que las gotas derivadas son pequeñas, con pequeñas variaciones entre las distintas alturas de medición. El tamaño de gotas coincide con los citados por Leiva (1995) al afirmar que las gotas más propensas a derivarse son las de menos de 150 μm . Los DVM oscilan entre 55 y 75 μm en las tres técnicas y en las tres alturas estando expuestas por su pequeño tamaño a ser desviadas de su trayectoria por turbulencias del aire y térmicas (Sarubbi, 2010). T3 tuvo valores mayores de tamaño de gota (DVM, DNM, DV01) que T1 en el estrato inferior. En consecuencia la distancia a la que van a llegar va a ser dependiente de las condiciones meteorológicas y del tamaño de gotas, por lo tanto se debería tratar de reducir el número de gotas chicas, para disminuir la incidencia en la exoderiva, ya que no se pueden modificar las condiciones ambientales.

En función de los resultados encontrados es posible validar la tercera hipótesis del trabajo, que afirma que el tamaño de las gotas que se derivan por el viento es independiente de las condiciones operativas utilizadas.

Tabla 7: Parámetros de la población de gotas para los distintos tratamientos.

Exoderiva	1m			
	DNM	DVM	DV0,1	DV0,9
	(μm)	(μm)	(μm)	(μm)
T1	46,58 a	55,52 a	39,89 a	87,18 a
T2	48,27 ab	63,07 ab	41,95 ab	124,21 b
T3	52,28 b	73,41 b	47,01 b	105,60ab
	2m			
	DNM	DVM	DV0,1	DV0,9
	(μm)	(μm)	(μm)	(μm)
T1	46,45 a	81,20 a	42,83 a	100,76 a
T2	52,36 a	66,89 a	45,45 a	113,22 a
T3	47,92 a	75,95 a	44,22 a	118,79 a
	3m			
	DNM	DVM	DV0,1	DV0,9
	(μm)	(μm)	(μm)	(μm)
T1	48,24a	67,18a	44,28a	114,58a
T2	48,24a	66,27a	42,47a	107,33a
T3	49,42a	70,73a	44,25a	102,14a

En el análisis de los datos de la figura 15 se observa que a medida que aumenta la distancia a la estación de muestreo disminuyen el número de impactos independientemente del tratamiento. Para cada distanciamiento T2 siempre presentó la mayor cantidad de impactos, T3 tiene menores valores que T1 y de la misma manera se presentan diferencias significativas entre tratamientos, T2 respecto a T1 y T3. A menor volumen y mayor velocidad se obtienen más impactos, es decir que se espera una mayor exoderiva para el tratamiento de menor volumen. Este resultado concuerda con lo encontrado en el análisis de calidad de aplicación, donde T2 arrojó el menor valor de DV0,1 mencionado por Sarubbi (2010) como indicador potencial del riesgo de exoderiva. El número de impactos para T2 en cada distanciamiento resultó superior a los recomendados por Márquez Delgado (2008) para el control de malezas con herbicidas. También resultan superiores los registros a los que recomienda Frola (2013). Los impactos obtenidos en las otras dos técnicas no controlarían nada o solo alguna de las plagas en función del tratamiento y distancia de recolección. Cabe señalar que el hecho de hallar este significativo número de impactos a 50 m del botalón sería un problema aún más grave en los límites del lote, en función de la probable trayectoria de las gotas. Estos resultados no coinciden con Massaro (2016) quien evaluando la exoderiva mediante sulfato de cobre como marcador, no encontró deriva a los 25 m a favor del viento.

Si se comparan los valores de la Figura 4, (ensayo de calidad de aplicación), con los de la Figura 15 para el parámetro N° de impactos puede apreciarse que en T1 y T3 la relación de gotas halladas en exoderiva con las gotas encontradas en el objetivo fue de aproximadamente un 9 % mientras que para la T2 esta relación fue de 21% por lo tanto con la técnica T2 ha aumentado la proporción de gotas derivadas. Esto evidencia la mayor susceptibilidad a la exoderiva del tratamiento de bajo volumen.

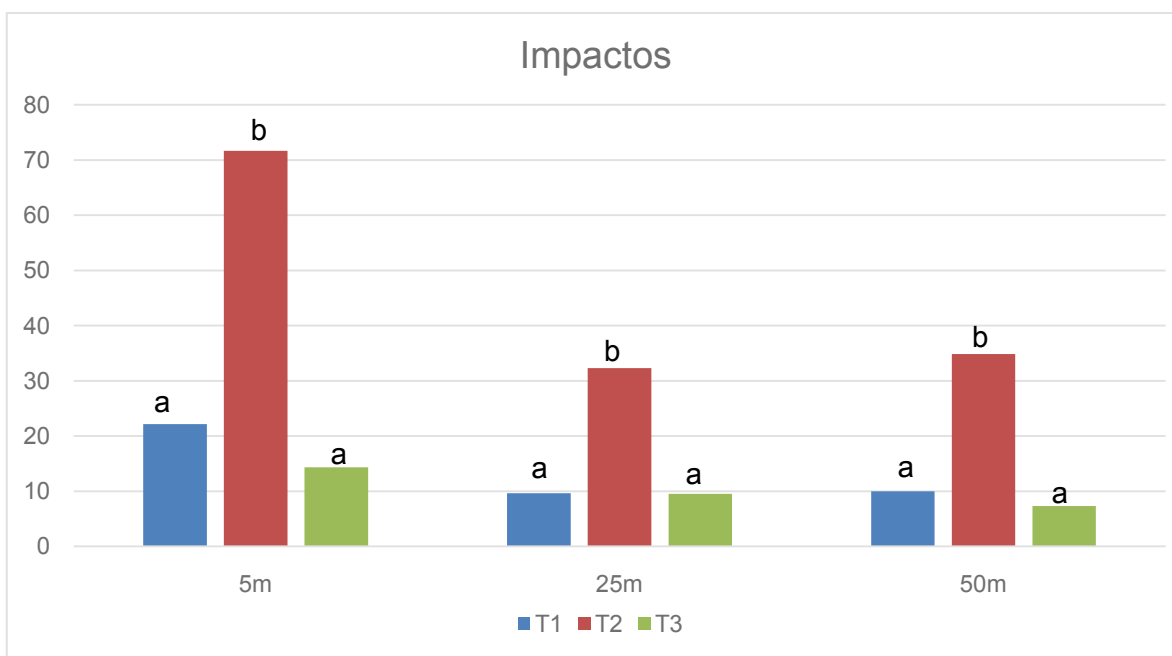


Figura 14: Cantidad de impactos para diferentes distancias y tratamientos. T1: 57 l/ha, 18km/h, 0,35m; T2: 28,5l/ha, 18km/h, 0,7m; T3: 57l/ha, 9km/h, 0,7m. Letras minúsculas diferentes en cada columna indican diferencias significativas entre tratamientos para cada distancia ($p \leq 0,05$) según el test de LSD. Los valores mostrados son la media de las 3 alturas de recolección.

Se observa en la Figura 14 la mayor cantidad de impactos en T2, los demás presentan valores muy similares para todas las distancias de muestreo. Se observa el mayor valor de exoderiva de T2, aunque no se ha encontrado una explicación para el patrón de distribución según la altura. Esto no coincide con Lucero (1998) ya que en la evaluación de la deriva realizada con pastillas hidroneumáticas y un marcador

fluorescente, no dio diferencias significativas en los valores obtenidos en las distancias y alturas probadas, teniendo los datos una alta variabilidad como en el presente análisis. En la técnica T3 se dio que la mayor cantidad de impactos disminuyó con la altura de recolección, a diferencia de lo observado por Mur *et al.* (2016) pero no ocurrió lo mismo en T1 ni T2. Las ráfagas de viento existentes en el momento del ensayo podrían haber causado estas anomalías y diferencias entre los tratamientos.

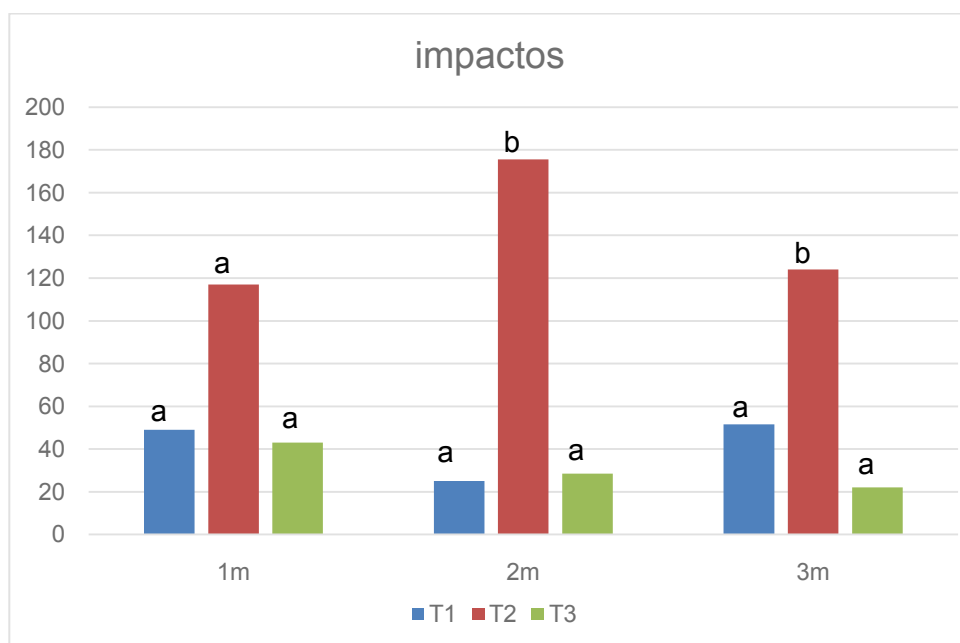


Figura 15: Cantidad de impactos para cada altura de muestreo. T1: 57 l/ha, 18km/h, 0,35m; T2: 28,5l/ha, 18km/h, 0,7m; T3: 57l/ha, 9km/h, 0,7m Letras minúsculas diferentes en cada columna indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,05$) según el test de LSD. . Los valores mostrados son la media de las 3 distancias de recolección.

Área de cobertura

La evaluación de los resultados indica que existen diferencias significativas entre T1 y T3 con respecto a T2 aún con un alto coeficiente de variación ($CV=104$), a los 2 m y 3 m de altura, demostrando de esta manera la baja uniformidad de cobertura. Tratándose de una población poco desviada del $DV0,5$, cuyo valor medio fue de $73,37 \mu m$, esta diferencia en cobertura se explica más por el número de impactos que por el tamaño de gotas, que para T2 fue ampliamente superior a los demás en cada altura y distancia. Dada la conjunción de una población de gotas con $DV0,5$ por debajo de los $80 \mu m$ junto a un número de gotas inferior a lo determinado sobre el objeto de aplicación, se produjo una

cobertura menor sobre las tarjetas, pero potencialmente de alto riesgo en T1 y T3. Con 28 litros de volumen de aplicación la media del porcentaje de cobertura fue cinco veces mayor que con 57 litros. Con la velocidad de avance de 18 km/h la media fue el triple que con 9 km/h. Esto indicaría que con menor volumen y mayor velocidad el riesgo potencial de exoderiva aumenta. Es importante tener en consideración que la cuantificación a través de tarjetas en el objeto de aplicación como también en la valoración de la deriva es poco certera respecto de algunas características de la aplicación, aunque de gran utilidad a nivel de campo y con fines comparativos. No obstante, en función de lo afirmado por Papa & Massaro (1999) y Leiva (2010) la solución exoderivada con bajos volúmenes sería de mayor potencial de riesgo, por concentración del producto y por menor inactivación del mismo (Leiva & Picapietra, 2012).

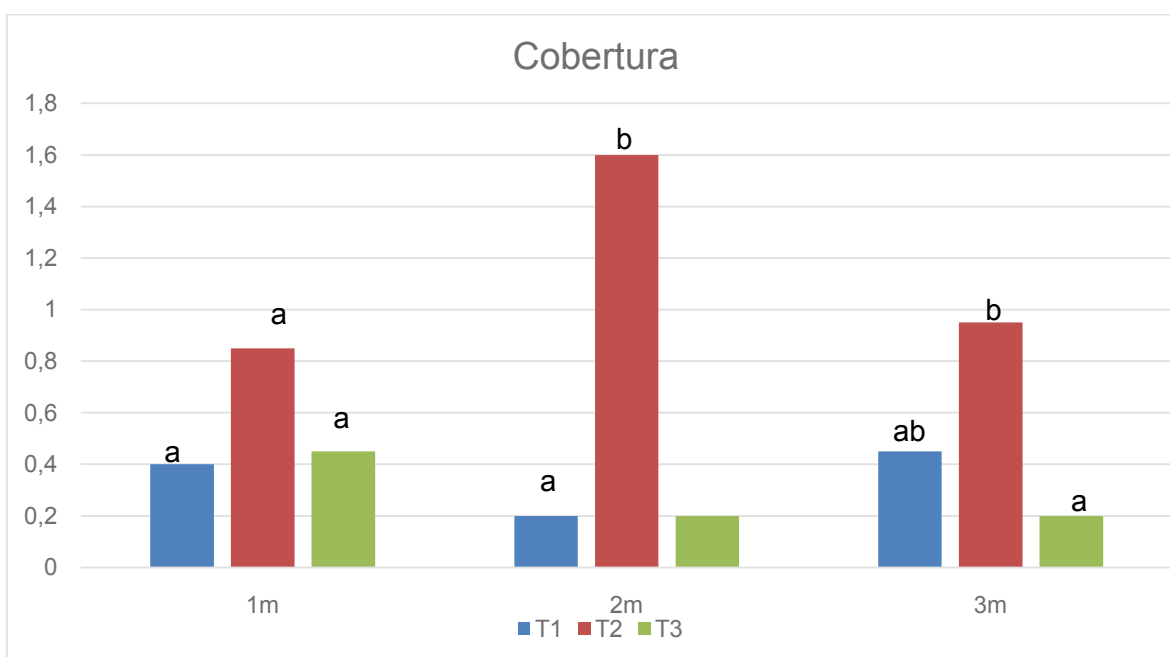


Figura 16. Área de cobertura. T1: 57 l/ha, 18km/h, 0,35m; T2: 28,5l/ha, 18km/h, 0,7m; T3: 57l/ha, 9km/h, 0,7m. Letras minúsculas diferentes en cada columna indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,05$) según el test de LSD.

Volumen recolectado.

Se sumaron los volúmenes para las diferentes distancias y alturas. Es posible observar que T2 supera a los demás, existiendo diferencias significativas entre tratamientos, aún utilizando una menor tasa de aplicación. La diferencia en la población

de gotas que llega al objetivo es producto de las condiciones a que éstas fueron expuestas, tanto operativas como ambientales. Respecto a las primeras, la superposición de los abanicos (producto del distanciamiento) y el viento aparente (debido a la velocidad de trabajo) explicarían la diferencia en la población de gotas que llega al objetivo. Con menor distanciamiento entre abanicos, estos se cubren y al estar más protegidos se obtiene mayor cobertura a una misma velocidad de viento aparente. Se concluye que con menor superposición, más velocidad de avance y menor tasa de aplicación no mejora la eficiencia, se obtienen similares coberturas, pero aumenta el potencial de deriva.

Es probable que con pastillas convencionales, los mismos tratamientos hubiesen dado mayores valores de exoderiva y las diferencias hubiesen sido más acentuadas. El uso de pastillas de baja deriva podría haber atemperado las diferencias entre las técnicas.

En función de lo expuesto es posible validar la primera hipótesis del trabajo afirmando que el incremento de la velocidad de avance y de la distancia entre pastillas aumenta el potencial de exoderiva.

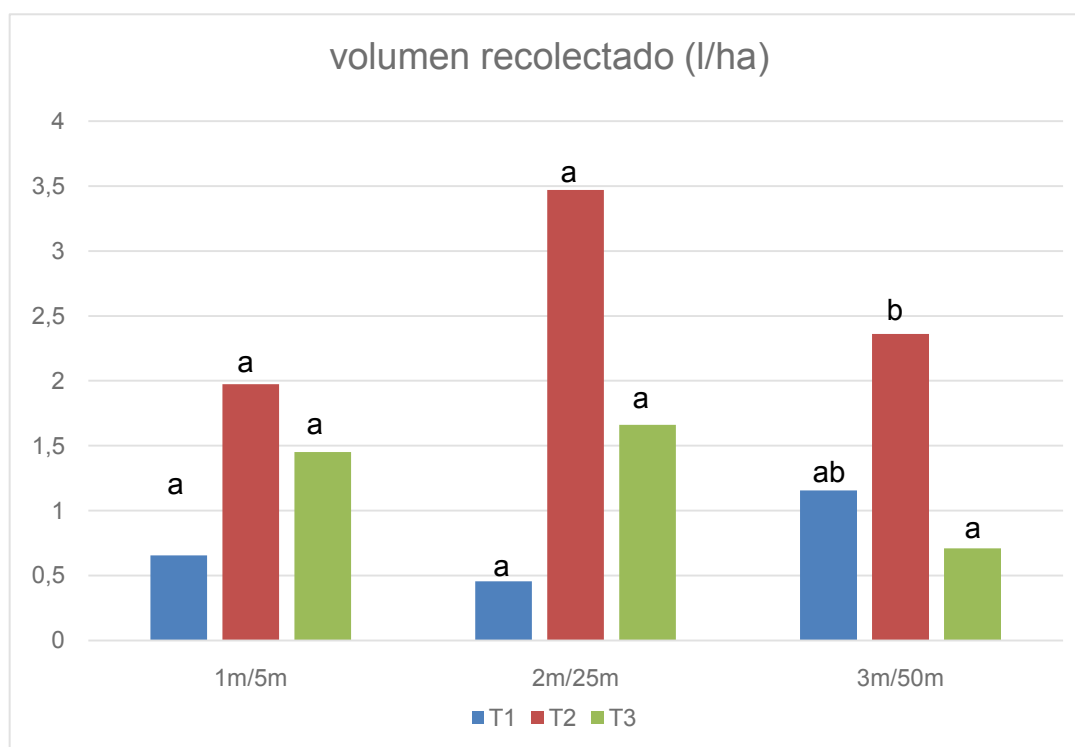


Figura 17: Cantidad de volumen acumulado para cada altura y distancia de muestreo. T1: 57 l/ha, 18km/h, 0,35m; T2: 28,5l/ha, 18km/h, 0,7m; T3: 57l/ha, 9km/h, 0,7m Letras minúsculas diferentes en cada columna indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,05$) según el test de LSD.

Conclusión

La población de gotas que llegan al objetivo depende de las condiciones operativas y ambientales.

El tamaño de las gotas que se derivan por el viento es independiente de las condiciones operativas utilizadas.

Tanto el distanciamiento entre pastillas como la velocidad de trabajo influyen en la cantidad de gotas que llegan al objetivo.

Con mayor distanciamiento entre pastillas, mayor velocidad de avance y menor tasa de aplicación aumenta el potencial de deriva teniendo similares valores de eficiencia y cobertura.

La modificación de las variables operativas no produce cambios en el potencial riesgo de endoderiva.

BIBLIOGRAFIA

- ASAE. 2009.** Spray Nozzle Classification by Droplet Spectra. S572.1. 2009. American Society of Agricultural and Biological Engineers, St. Joseph, MI., 4 Feb 2017
- Arvidsson, T., Bergström, L., Kreuger, J., 2011.** Spray drift as influenced by meteorological and technical factors. *Pest Management Science*. 67, 586-598.
- Balardin R.S., Bonini J.V, Bici A.F, Boligon E. & Maffini A. A. 2001.** Influencia do volume de calda e pontas de pulverização sobre o controle das doenças de final de ciclo em duas cultivares de soja. XXIX Reunião de Pesquisa de Soja da Region Sul. Atas e Resumos.
- BCC Research. 2010.** Global Markets for Agrochemicals. Report Code: CHM054A. Disponible en <http://www.bccresearch.com/market-research/chemicals/agrochemicals-fertilizer-pesticide-markets-chm054a.html>. Último acceso: Septiembre 2016.
- Bonini J.V. 2004.** Tecnologia de aplicação de fungicidas na cultura da soja. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil. 62 pp. Inédito.
- Bouse, L.F., I.W. Kirk & L.E. Bode. 1990.** Effect of spray mixture on droplet size. *Transactions of the ASAE*. 33:783–788.
- Butler, Ellis M.C., T. Swan, P.C.H. Miller, S. Waddelow, A. Bradley & C.R. Tuck. 2002.** Design Factors affecting Spray Characteristics and Drift Performance of Air Induction Nozzles. *Biosystems Engineering*. 82 (3). pp. 289–296.
- CASAFE. 2014.** Mercado Argentino de Productos Fitosanitarios 2012. Disponible en <http://www.casafe.org/publicaciones/estadisticas/> Último acceso: Agosto 2016.
- Cavallo, A. 2006.** Plaguicidas: qué son y cómo usarlos. Ed. SIMA. Universidad Nacional de Córdoba. 189 pp.
- Chaim, A., V.L.S.S. Castro, F.M. Corrales, J.A.H. Galvão, O.M.R. Cabral & G. Nicolella. 1999a.** Método para monitorar perdas na aplicação de agrotóxicos na cultura do tomate. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília. V.34, n.5. pp. 741-747.
- Chaim, A., P.J. Valarini, D.A. Oliveira, R.V. Morsoleto & L.C. PIO. 1999b.** Avaliação de perdas de pulverização em culturas de feijão e tomate. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente. 29 pp.
- Chaim, A., M. Botton, S. Scramin, M.C.P.Y. Pessoa, R.M.V. Sanhueza & A. Kovaleski. 2003.** Deposição de agrotóxicos pulverizados na cultura da maçã. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília. v.38, n.7. pp. 889-892.
- Cid R. & Masiá G. 2011.** Manual para agroaplicadores. Uso responsable y eficiente de fitosanitarios. ISBN 978-987-679-036-9. p.37.
- Conde Prat, M. & C. De Simone. 2004.** Insumos Agrícolas: Fertilizantes y Terapéuticos. SAGPyA. Material del Foro de Perspectivas Agropecuarias 2004. 21 pp.
- Costa J.J., Margheritis A.E., Marsico O. 1979.** Introducción a la Terapéutica Vegetal. Ed. Hemisferio Sur. Primera reimpresión. Argentina. 533 pp.
- Courshee, R.J. 1960.** Some aspects of the application of insecticides. *Annual Review of Entomology*, Palo Alto, vol. 5. pp. 327 - 352.

- Cunha, J.P.A.R., M.R. Bueno & M.C. Ferreira.**2010. Espectro de gotas de pontas de pulverização com adjuvantes de uso agrícola. Planta Daninha, 28:1153-1158
- Domper, G.N., M. Mur, & R.H. Balbuena.** 2015. Eficiencia de aplicación de pastillas de pulverización con inducción de aire en el cultivo de soja. Revista de la Facultad de Agronomía 113 (2) 202-210
- Etiennot A.E. & A. Piazza.** 2010. Buenas prácticas de aplicación en cultivos planos extensivos. Distancias a zonas urbanas. Criterios y soluciones. Acta toxicol. Argent. 18 (2): 40 – 53.
- Etiennot, A.E.** 1990. Cuarto Curso de Actualización para Pilotos Aeroaplicadores. Instituto Nacional de Aviación Civil (INAC), Buenos Aires. 119 pp.
- Etiennot, A.E.** 1993. Pulverizaciones terrestres. Segundo Congreso Nacional de Siembra Directa. Septiembre 1993. Huerta Grande, Córdoba, Argentina. pp. 163 - 173.
- Eleiseigui P.** 2014. Mercado de agroquímicos en la argentina: baja el uso de glifosato, crecen los productos más potentes y los plaguicidas llegan a toda la agricultura. Disponible en <http://el-galo.blogspot.com.ar/2014/05/mercado-de-agroquimicos-en-argentina.html> Último acceso: Agosto 2016.
- Frola, E.** 2013. Manejar tamaño, número y distribución de impactos para lograr aplicaciones de calidad. Disponible en: <http://www.todoagro.com.ar/noticias/nota.asp?nid=25566>. Último acceso: Septiembre 2016.1pp.
- Gandolfo, M.A., J. Bueno, J. Torres Pereira, W. Sánchez, B. Zanni & R. Velan.** 2004. Avaliação da qualidade de pulverização com diferentes pontas e volumes de aplicação na soja. Universidade Estadual do Paraná Fundação Faculdades Luiz Meneghel Bandeirantes. Paraná.
- Ghirardi, G.J.** 2012. Eficacia y Eficiencia en las aplicaciones de Fitosanitarios. AgroSpray. Departamento de Desarrollo Agrospray. Disponible en: <http://www.agrospray.com.ar/sitio/pdfs/noticias/67.pdf>. Último acceso: Septiembre 2016
- Graham-Bryce, I.J.** 1977. Crop protection: a consideration of the effectiveness and disadvantages of current methods and of the scope for improvement. Philosophical Transactions of the Royal Society, London B, 281: pp. 163-179.
- Himel, C.M.** 1974. Analytical methodology in ULV. En: "Pesticide application by ULV methods" British Crop Protection Council Monograph No. 11. pp. 112-119
- Hypro.** 2006. Instructions for wáter sensitive paper 9950-0028. Hypro LLC, 375 Fifth Avenue, New Brighton, MN 55112, USA. 2 pp.
- INOSTROZA J., MÉNDEZ P. y P. RÍOS** 2011. Manual de Campo Uso de Equipos Pulverizadores. Boletín INIA N° 25, Chile 76 p. <http://static.elmercurio.cl/Documentos/Campo/2013/02/07/20130207174510.pdf> [Verificación: noviembre 2016].
- Leiva P.D.** 2011. Pastillas para pulverización agrícola, su correcta selección y uso para una óptima calidad de aplicación. Protección Vegetal INTA Pergamino - Julio 2011

Leiva,PD 1995. Manejo de la deriva en la aplicación de agroquímicos. Carpeta de Producción Vegetal. INTA, EEA Pergamino, SERIE: Generalidades, Tomo XIV (Información N° 139, Setiembre, Ed: Puig,R), 6p.

Leiva, P.D. 2010. Consideraciones generales sobre calidad de agua para pulverización agrícola. Grupo Protección Vegetal - INTA, Estación Experimental Agropecuaria Pergamino. Disponible en: http://www.inta.gov.ar/pergamino/info/documentos/2010/Calidad_Aguas_para_pulverizacion.pdf. Enero 2016

Leiva, P.D. & P. Picapietra. 2012. Compatibilidad para mezclas de tanque de tres herbicidas utilizados en barbecho químico. Grupo Protección Vegetal - INTA, Estación Experimental Agropecuaria Pergamino. Disponible en: <http://inta.gob.ar/documentos/compatibilidad-para-mezclas-de-tanque-de-tres-herbicidasutilizados-en-barbecho-quimico/>. Último acceso: Agosto 2016.

LEY Nro. 4073.(2015) Regulación de las acciones relacionadas con biocidas y agroquímicos <http://farn.org.ar/wp-content/uploads/2015/10/Chubut-Ley4073.pdf>

LuceroE.1998https://docs.google.com/document/d/15wz6actMnsG3QCH-UXq8h_gODEnfCuVX-fVAyBDRX8/edit Último acceso: Enero 2017.

Márquez Delgado, L. 2008. Buenas Prácticas Agrícolas en la Aplicación de los Fitosanitarios. Ed. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Secretaría General Técnica. Madrid, España. 124 pp. Disponible en: <http://www2.fepex.es/archivos/publico/Fitosanitarios/Fitosanitarios-%20Texto.pdf>. Último acceso: enero de 2016.

Márquez Delgado, L. 2007. Pulverización y Pulverizadores neumáticos. http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_Agrotec/Agrotec_2007_2_34_41.pdf

Márquez Delgado, L. 2005. El control de la deriva en la aplicación de fitosanitarios. Las boquillas de baja deriva. Revista Agrotécnica. Año VIII. N° 4. Abril 2005. pp: 38-43.

Martens, F. 2012. Guía para el uso adecuado de plaguicidas y la correcta disposición de sus envases. Boletín de divulgación N° 41. 26 pp.

Massaro, R.A. 2004. Tecnología para la aplicación de fungicidas foliares en soja con equipos terrestres. Revista Para Mejorar la Producción n. 27, Soja campaña 2003/2004. pp. 112-119.

Massaro, R.A. 2016<https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta-evaluacion-exoderiva-con-pulverizacion-terrestre.pdf> .Diciembre 2017

Magdalena, J.C., R.H. Balbuena, A.P. Di Prinzio & J.A. Capurro.2000. Equipos para aplicación de agroquímicos. Propuestas de unificación de denominación y clasificación. En: Avances en Ingeniería Agrícola 1998/2000". Ed. Facultad de Agronomía, Buenos Aires. pp. 150-156.

McCracken A. 2004. Aplicaciones de agroquímicos en nombre de la Roya. Nota técnica. Disponible en: http://www.produccion.com.ar/2005/05ene_09.htm Último acceso: noviembre 2017.

Mur, M.; Ponce, M.; Vázquez, J.M.; Guilino, F.; Merani, V.; Palancar, T.C.; Balbuena, R.H. 2016. Control de malezas en pre siembra. Alternativas tecnológicas y riesgos ambientales de la aplicación. Enviado a la revista de la Facultad de Agronomía de la UNLP para su evaluación.

Miguens M.M. 1981. Aplicación de plaguicidas. Series Ed: Departamento de Estudios. Cuaderno de Actualización Técnica, Número 29. AACREA. Buenos Aires. 43 pp.

Moltoni, L., G. Masiá & A. Moltoni.2008. Cost and income analysis of agricultural labors: the role of agricultural machinery services providers in Argentina. International Conference of Agricultural Engineering - XXXVII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Foz do Iguaçu, Brasil. 4 pp.

Nuytens,D., M. De Schamphelre, K. Baetens & B. Sonck.2007. The influence of operator controlled variables on spray drift from field crop sprayer. Transactions of the ASAE. Vol. 50 (4). pp. 1129-1140.

Onorato A.A. & Tesouro O. 2004. Desempeño antideriva de una boquilla de pulverización agrícola de cono hueco inducida con aire, RIA 33 (3) 3-13

Onorato, A. & Tesouro M.O. 2006. Pulverizaciones Agrícolas Terrestres. Ed. INTA. Buenos Aires. 159 pp.

OOMS D., RUTER R., LEBEAU F. y M.F. DESTAIN 2003. Impact of the horizontal movements of a sprayer boom on the longitudinal spray distribution in field conditions. Crop Protection 22. p. 813-820

Papa, J.C. & R.A. Massaro. 1999. Evaluación de la fitotoxicidad sobre maíz de nicosulfurón aplicado solo y en mezcla con clorpirifos. Maíz: para mejorar la producción N° 10. E.E.A. Oliveros INTA. pp. 63-66.

Pompe J.C.A.M., Holterman H.J., Van StraelenB.C.P.M. Technical aspects of pesticide application.A literature review. IMAG-DLO Rapport(Netherlands). 1992;91-11.**Phillips J. C.,*; Miller, P. C. H..** 1999. Field and Wind Tunnel Measurements of the Airborne Spray Volume Downwind of Single Flat-Fan Nozzles. Journal of Agricultural Engineering Research. () 72, 161-170

SARUBBI C. 2010. Tecnología de Aplicación de Productos Fitosanitarios en Equipos Pulverizadores Terrestres. p. 68-69

Scramin, S., A. CHAIM, M.C.P.Y. Pessoa, V.L. Ferracini, P.L. Antônio & N. Alvarenga. 2002. Avaliação de bicos de pulverização de agrotóxicos na cultura do algodão. Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente. Curitiba, Brasil. v.12. pp.43 - 50.

Smith, D.B., S.D. Askew, W.H. Morris, D.R. Shaw & M. Boyette. 2000. Droplet size leaf morphology effects on pesticide spray deposition. Transactions of the ASAE 43(2): 255-259.

Spraying Systems Co. 1994. Teejet para la agricultura y horticultura (Catálogos, CAT 44M-E.) Spraying Systems Company, Wheaton, Illionois. USA. 80 pp.

Villalba, J & E. Hetz. 2010. Deriva de productos agroquímicos - Efectos de las condiciones ambientales. Tecnología de aplicación de agroquímicos. Red "PULSO". pp. 45-52

Walla, W.J. 1980. Aerial Pesticide Application. Texas A&M University. Texas, USA. 26 pp.

